



Etec Prof.^a CARMELINA BARBOSA - UNIDADE 052 - DRACENA

TRABALHO DE QUÍMICA

Autores

Alex Júnio De Oliveira Pereira

André Ventura

Lucas Luan Batista

Thiago De Oliveira Santos

Valmir Balestra

REMOÇÃO DO CROTONALDEÍDO DO ETANOL POR MEIO DE CARVÃO ATIVADO: UMA ALTERNATIVA EFICIENTE E SUSTENTÁVEL

Dracena – SP

2024



Etec Prof.^a CARMELINA BARBOSA - UNIDADE 052 - DRACENA

TRABALHO DE QUÍMICA

Autores

**Alex Júnio De Oliveira Pereira
André Ventura
Lucas Luan Batista
Thiago De Oliveira Santos
Valmir Balestra**

REMOÇÃO DO CROTONALDEIDO DO ETANOL POR MEIO DE CARVÃO ATIVADO: UMA ALTERNATIVA EFICIENTE E SUSTENTÁVEL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Técnico em Química da Etec Prof.^a Carmelina Barbosa, orientado pelas Prof.^a Fabiana Maria S. R. Bertipaglia e Prof.^o. Francielli Manhic como requisito parcial para obtenção do título de Técnico em Química.

Dracena – SP

2024

Aprovada em: _____ / _____ / _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr.

Orientador(a)

Instituição: _____

Prof. Dr.

Examinador (a) Externo (a)

Instituição: _____

Prof. Dr.

Examinador (a) Interno (a)

Instituição: _____

Prof. Dr.

Examinador (a) Interno (a)

Instituição: _____

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, por ter nos dados a vida a saúde pra vencer todos os nossos obstáculos.

Agradecemos a todos da nossa equipe por ter dado força uns aos outros para não desanimar e concluir todo o curso e objetivos.

Agradecemos aos professores pelas correções e ensinamentos que nos ajudaram a melhorar os nossos desempenhos e desenvolvimento do nosso projeto.

Agradecemos a instituição Centro Paula Sousa pela oportunidade de formações de profissionais na área de química e por todo apoio a nosso grupo e projeto.

Agradecemos a nossas famílias que nos incentivaram nos momentos difíceis e compreenderam as nossas ausências dedicadas ao curso, agradecemos a todos.

RESUMO

Este trabalho aborda a crise do petróleo nas décadas de 1970 e 1980 e suas consequências para a economia brasileira, com foco no Programa Nacional do Álcool (PROALCOOL) como alternativa para mitigar os impactos da dependência do petróleo. A implementação do PROALCOOL teve um papel significativo no desenvolvimento do setor de biocombustíveis no Brasil. A pesquisa destaca a importância do carvão ativado no processo de purificação do etanol, demonstrando sua eficiência na remoção de impurezas como o crotonaldeído. Além disso, o carvão ativado mostrou-se uma alternativa viável e promissora, oferecendo uma opção econômica para a produção de combustíveis renováveis. O trabalho contribui para o entendimento das transformações econômicas e tecnológicas no setor de biocombustíveis, fornecendo subsídios para futuras pesquisas e para a formulação de políticas públicas.

Palavras-chaves: Etanol coreano, Crotonaldeído, Carvão ativado

ABSTRACT

This study addresses the oil crisis of the 1970s and 1980s and its consequences for the Brazilian economy, focusing on the National Alcohol Program (PROALCOOL) as an alternative to mitigate the impacts of oil dependence. The implementation of PROALCOOL played a significant role in the development of the biofuel sector in Brazil. The research highlights the importance of activated charcoal in the ethanol purification process, demonstrating its efficiency in removing impurities such as crotonaldehyde. Additionally, activated charcoal proved to be a viable and promising alternative, offering an economical option for the production of renewable fuels. This study contributes to the understanding of economic and technological transformations in the biofuel sector, providing insights for future research and the formulation of public policies.

Keywords: Korean ethanol, Crotonaldehyde, Activated Carbon

LESTA DE IMAGEM

IMAGEM 1: Adsorção de contaminante com carvão ativado.....	18
IMAGEM 2: Principais grupos químicos na superfície do carvão ativado	19
IMAGEM 3: CROMATÓGRAFO GASOSO	21
IMAGEM 4: CROMATÓGRAFO GASOSO	22
IMAGEM 5: Protótipo de adsorção com carvão ativado.....	27
IMAGEM 6: Protótipo de adsorção com carvão ativado.....	28
IMAGEM 7: protótipo de adsorção com carvão ativado.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Amostra piloto 1 do etanol.....	22
Tabela 2:Resultado da amostra 1	23
Tabela 3: Resultados obtidos no experimento 02.....	24
Tabela 4: Experimento 02 - Perda da Amostra	24
Tabela 5: Resultado do Experimento 03	26
Tabela 6: Experimento 03 - Perda da Amostra	26
Tabela 7: Amostra Piloto Etanol 02	27
Tabela 8: Experimento 4.....	29

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	12
O QUE É ETANOL COREANO?.....	15
PROBLEMÁTICA.....	16
JUSTIFICATIVA.....	16
OBJETIVO GERAL.....	17
OBJETIVO ESPECÍFICO.....	17
PROPRIEDADE DO CARVÃO ATIVADO.....	17
METODOLOGIA.....	20
CONCLUSÃO.....	34
REFERENCIA BIBIOGRAFICAS.....	35

INTRODUÇÃO

“Segundo Antônio Gasparetto júnior” A crise do petróleo teve início quando se descobriu na década de 1970 que o recurso natural não é renovável. Em decorrência disto, o preço do petróleo sofreu muitas variações a partir de tal década, foi a onde veio a ocorrer a crise do produto.

“Em 1973, ocorreu o primeiro choque do petróleo, onde a importação de petróleo passou de 769.000 milhões de dólares para 2.962 milhões.” (Fabio Rodolfo Miguel Batista, 2008 pág. 2).

Em 1979, ocorreu o segundo choque do petróleo, essas importações passaram para 10.200 milhões de dólares causando uma desestruturação na economia Brasileira, que passou a conviver com dívidas externas líquidas de 46.935 milhões de dólares. (Fabio Rodolfo Miguel Batista, 2008 pág. 2).

Com esse panorama desfavorável foi necessário criar alternativas para a substituição do petróleo. É nesse cenário que nasce o PROALCOOL promovendo o aparecimento de inúmeras destilarias de álcool no país, gerando assim, um grande crescimento na produção desse valioso líquido, fazendo do Brasil uns dos maiores produtores de álcool combustível em escala mundial. (Fabio Rodolfo Miguel Batista, 2008 pág. 2).

Entretanto a partir de 1986, o programa começou a entrar em colapso devido a estabilização do preço do petróleo no mercado mundial fazendo com que a produção de etanol ficasse adormecida na economia Brasileira (Fabio Rodolfo Miguel Batista, 2008 pág. 3).

Em 2000, o cenário novamente começou a sofrer mudanças positivas com o aumento no preço do petróleo. Por outro lado, também aconteceram preocupações com os efeitos nocivos dos combustíveis na degradação do meio ambiente. (Fabio Rodolfo Miguel Batista, 2008 pág. 3).

O Brasil é hoje, o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, segundo a companhia de abastecimento (CONAB), órgão ligado ao Ministério da Agricultura. (Fabio Rodolfo Miguel Batista, 2008 pág. 1).

O Brasil é o país mais avançado do ponto de vista tecnológico na produção e no uso do etanol como combustível seguido pelos Estados Unidos. Mesmo tendo perdido a condição de maior produtor mundial de etanol combustível para os Estados Unidos, o país continua sendo o maior exportador mundial devido aos preços mais competitivos com amplas perspectivas de crescimento em sua produção. (Fabio Rodolfo Miguel Batista, 2008 pág.3)

No país, verificou-se uma grande diversidade de produtos combustíveis a base de etanol, dos quais podemos citar: álcool hidratado, álcool anidro, álcool neutro e álcool coreano.

O álcool hidratado é usado diretamente no abastecimento de veículos automotores. É o álcool adquirido pelo consumidor no posto de abastecimento, para os veículos movidos a etanol ou para os veículos com motor Flex. (União da indústria de cana de açúcar, 2007 pag.14)

Já o álcool anidro que tem um elevado teor alcóolico é misturado diretamente a gasolina, sem prejuízo para os motores, essa mistura pode ser feita em proporções variadas. (Thaís Oliveira Abdala, 2017 pag. 9)

A diferença entre o álcool hidratado e o álcool anidro está na sua graduação sendo o álcool hidratado podendo chegar até 92,8 INMP (Instituto nacional de pesos e Medidas), enquanto o álcool anidro pode chegar até a 99,8 INPM.

O álcool neutro é um álcool de utilização mais nobre, voltada para consumo humano e farmacológico, sendo então o que exige maior rigidez em relação às impurezas encontradas no mesmo e o que possui maior conjunto de colunas de destilação para obtenção do produto final. (Ulisses Pavanelli de Araujo Junior, 2022 pag.3)

O álcool coreano, é um produto com grau alcoólico superior ao do álcool hidratado e que demanda alta purificação de impurezas. Apesar de não ser utilizado

para consumo humano, por possuir aplicações laboratoriais e de intermediação industrial, o mesmo exige teores relativamente baixos de impurezas. (Ulisses Pavanelli de Araujo Junior, 2022 pag.1)

A Agência nacional de petróleo (ANP) é responsável por estabelecer os padrões de qualidade para álcool combustível no Brasil. (Fabio Rodolfo Miguel Batista, 2008 pág. 4).

Os padrões de qualidade referem-se aos diferentes tipos de álcool, envolvendo diversas especificações, além do grau alcoólico. São elas: ACIDEZ, PH, CONDUTIVIDADE e PRESENÇA DE CONTAMINANTES.

A qualidade do álcool produzido e exportado está diretamente relacionado com essas especificações e conseqüentemente influencia o valor agregado deste produto no mercado externo, fazendo com que ele diminua.

Sabendo que a qualidade do etanol é dada pelo seu processo de fabricação, e que em sua composição encontra-se grandes quantidades de contaminantes com diferentes pontos de ebulição como por exemplo o etanol com o ponto de ebulição de 78,4°C, metanol com 64,7°C, acetaldeído com 20°C e outros com temperaturas superiores a 100°C, como o crotonaldeído com ponto de ebulição de 103°C. Este último composto citado é difícil de ser eliminado no processo de destilação.

Há necessidade de maiores investimentos em equipamentos para o processo de destilação, pois assim ocorre aumento significativo na extração de impurezas do combustível etanol que está sendo produzido. Contudo, isso encarece o sistema, tornando-o inviável para os empresários do setor que são as usinas de pequeno porte.

Levando em conta todos esses fatores a concorrência entre as empresas de grande, médio e pequeno porte tornam-se desleal. Viabilizar projetos de menor porte e investir em tecnologia, podem ser uma alternativa para as usinas conseguirem bons resultados na retirada de impurezas do produto sem a necessidade de instalação de mais colunas de destilação ou repasses.

Sabendo que a destilação de líquidos com diferentes pontos de ebulição é difícil e a adsorção é uma operação mais favorável, novas técnicas de remoção de

impurezas do álcool estão sendo testadas e avaliadas, com intuito de adaptá-las ao setor produtivo do combustível citado. Aqui, vale ressaltar, que a economia gerada com este tipo de processo é significativa, considerando que os investimentos são baixos e, portanto, acessíveis às empresas de pequeno porte do setor.

O presente trabalho propõe uma alternativa eficaz e com grande potencial para as extrações de impurezas do etanol, que é a utilização do carvão ativado.

O carvão ativado é um adsorvente comumente utilizado nas indústrias de maneira geral, devido ao baixo custo e sua capacidade de absorver uma gama enorme de substâncias, atendendo assim uma variedade de aplicações, tais como: indústrias de alimentos, bebidas, farmacêutica, química, tratamento de água, purificação do ar, entre outras. (SALATA Cristiane da cunha, CABELO Cláudio, TRINCA Luzia aparecida, 2013 pág. 36).

O carvão ativado é usado no processo em que se deseja remover determinadas substâncias através do fenômeno de adsorção. (SALATA Cristiane da cunha, CABELO Cláudio, TRINCA Luzia aparecida, 2013 pág. 36).

A adsorção é o processo físico-químico em que as moléculas ficam retidas na superfície de uma substância (carvão ativado), em geral é uma substância sólida. Esse sistema não ocorre no corpo todo do material, somente na superfície e, por isso, é chamado de adsorção. (LIMA, Cleane, 2020).

A capacidade de adsorção do carvão ativado depende de vários fatores como o processo de ativação a qual o carvão foi submetido, granulometria, área superficial e entre outras. (SALATA Cristiane da cunha, CABELO Cláudio, TRINCA Luzia aparecida, 2013 pág. 36).

O carvão ativado utilizado neste projeto foi o derivado da casca do coco por possuir 90% de micro poros, sendo muito utilizado em purificação etanol, cachaça, Vodka etc.

O QUE É ETANOL COREANO?

É o mesmo etanol hidratado, porém isento de contaminantes.

Atualmente o mercado externo demanda produtos com designações coreia 24, coreia 40. Os números 24 e 40 representam a quantidade máxima de impurezas permitida no etanol.

A produção do álcool coreia exige a retirada cuidadosa de óleos baixos e óleos altos, atenção na evaporação dos condensadores e observação nas temperaturas das bandejas da coluna de destilação, pois cada impureza tem seu ponto de ebulição pré-determinado, para que ocorra a sua eliminação da coluna.

A impureza (n-propanol, crotonaldeído, acetal) que tem seu ponto de ebulição mais elevado não será eliminada pela evaporação, pois é considerada mais pesada e precisa de temperaturas mais alta. Sendo assim, sua retirada ocorre quando ela está no estado líquido por uma válvula de retirada de óleo de baixa localizada no corpo do aparelho de destilação. (Time de produção de etanol da Raízes, 2022).

PROBLEMÁTICA

Muitas usinas enfrentam desafios significativos relacionados à redução eficiente de certas impurezas na produção do álcool coreano.

Essas impurezas, cuja presença pode ser prejudicial à qualidade do produto final, representam uma preocupação constante para os operadores das usinas, que buscam constantemente métodos mais eficazes e econômicos para lidar com esse problema.

A ineficiência na remoção dessas impurezas pode resultar em produtos de baixa qualidade, impactando negativamente a reputação da usina e sua competitividade no mercado externo.

JUSTIFICATIVA

Visando a grande dificuldade das indústrias na redução de impurezas do álcool carburante para fabricação do álcool coreano, foi observado que no mercado brasileiro existem poucas opções e projetos com essa finalidade.

Diante desse cenário surgiu a ideia do desenvolvimento de um projeto com o intuito de facilitar a redução dessa impureza Crotonaldeído.

Essa redução ocorrerá através da adsorção do carvão ativado, material que apresenta grande potencial para retirada de impurezas presentes no álcool carburante.

OBJETIVO GERAL

Remover impurezas do álcool carburante, fazendo com que o etanol processado alcance o padrão do álcool Coreano, seguindo as especificações da ANP (Agência Nacional do Petróleo).

OBJETIVO ESPECÍFICO

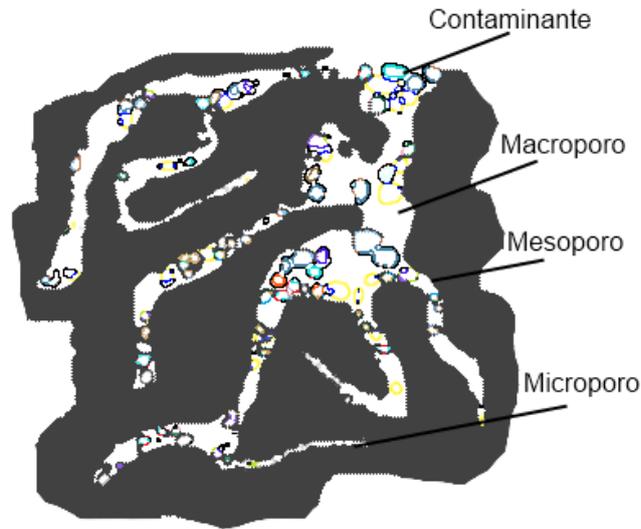
- Analisar o tempo de contato do carvão ativado com etanol em processo.
- Avaliar a extração de impurezas do etanol utilizando o método de adsorção por carvão ativado.

PROPRIEDADE DO CARVÃO ATIVADO

Os carvões ativados são materiais carbonosos porosos que apresentam uma forma micro cristalina, não grafitica, que sofreram um processamento para aumentar a porosidade interna. Uma vez ativado o carvão apresenta uma porosidade interna comparável a uma rede de túneis que se bifurcam em canais menores e assim sucessivamente. Esta porosidade diferenciada é classificada segundo o tamanho em macro, meso e micro porosidades (DI BERNARDO, 2005, p. 36).

A característica incomparável do carvão é a larga superfície interna localizada dentro da rede de poros estreitos, onde a maior parte do processo de adsorção tomará lugar e cujo tamanho e forma dos poros também influenciam na seletividade da adsorção (DI BERNARDO, 2005, p. 37).

IMAGEM 1: Adsorção de contaminante com carvão ativado



Fonte: Ribablue

Segundo a União Internacional de Química Pura e Aplicada os poros podem ser classificados em função do diâmetro como:

- Macroporos: maior que 50 nm.
- Mesoporos: entre 2 e 50 nm.
- Microporos secundários: entre 0,8 e 2 nm.
- Microporos primários: menor que 0,8 nm.

A princípio, qualquer material com alto teor de carbono, denominado de agente precursor pode ser transformado em carvão ativado, por exemplo, cascas de coco, carvões minerais (antracite, betuminosos, linhito), turfas, madeiras, resíduos de petróleo. Atualmente são utilizados como agentes precursores, os caroços e cascas de oliva, cereja, damasco, pêsego, azeitonas e ossos de animais. Em torno de 1/3 da produção mundial de carvão ativado é de origem vegetal, sendo esta proporção muito maior nos Estados Unidos da América e na Europa (DI BERNARDO, 2005, p. 37).

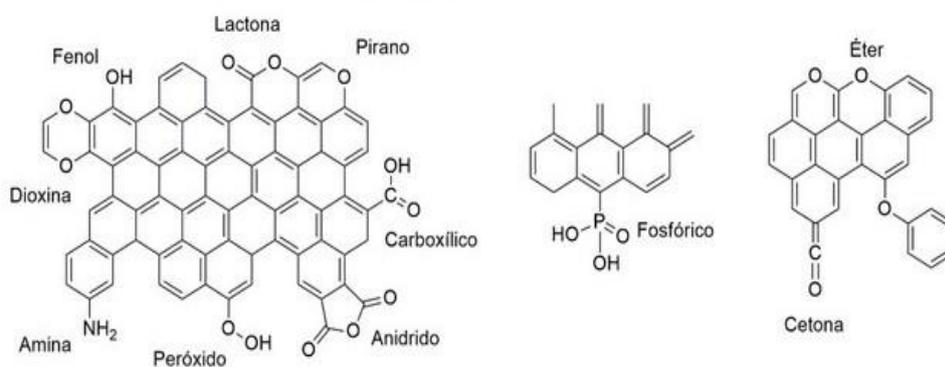
No Brasil, predominantemente, empregam-se madeira, carvão betuminoso e sub-betuminoso, osso e casca de coco. Uma vez preparada a granulometria desejada, a produção envolve, basicamente, a carbonização e ativação (ou oxidação) para

desenvolvimento dos vazios internos. A carbonização ou pirólise é usualmente feita na ausência de ar, em temperaturas compreendidas entre 500 – 800°C, enquanto a ativação é realizada com gases oxidantes em temperaturas de 800 a 900°C (DI BERNARDO, 2005, p. 37).

O carvão ativado é considerado um trocador iônico natural, sendo esta propriedade enriquecida pela ativação química. A superfície de carvão tem tanto cargas negativas (aniônicas) como cargas positivas (catiônicas) para atrair íons livres em solução ou suspensão.

O tratamento de carvão com uma base incrementará a capacidade do carvão para a troca com ânions, e a acidificação das superfícies dá ao carvão um poder de trocador catiônico. A oxidação da superfície envolve a quimiosorção da atmosfera de oxigênio do carvão e uma ampla reação das superfícies oxidadas que reagem quimicamente com outras substâncias que são oxidadas (DI BERNARDO, 2005, p. 40).

IMAGEM 2: Principais grupos químicos na superfície do carvão ativado



Fonte: DI BERNARDO

Quando as moléculas de adsorvato (contaminante a ser adsorvido) presentes na fase fluída atingem a superfície do adsorvente (carvão ativado), a força residual, resultante do desequilíbrio das forças de Van der Waals que agem na superfície da fase sólida, criam um campo de forças que atrai e aprisiona a molécula. O tempo que a molécula de adsorvato fica ligada à superfície do adsorvente depende diretamente da energia com que a molécula é segura, ou seja, é uma relação entre as forças

exercidas pela superfície sobre essas moléculas e as forças de campo das outras moléculas vizinhas (DI BERNARDO, 2005, p. 35)

Existem basicamente dois tipos de adsorção: a adsorção física ou fisiosorção e a adsorção química ou quimiosorção. No entanto, em certas ocasiões os dois tipos podem ocorrer simultaneamente. A adsorção física ocorre por uma diferença de energia e/ou forças de atração, chamadas forças de Van der Waals, que tornam as moléculas fisicamente presas ao carvão.

Estas interações têm um longo alcance, porém são fracas. A energia produzida quando uma partícula é fisicamente adsorvida é da mesma ordem da entalpia de condensação. Este tipo de adsorção é sempre exotérmico e reversível. O equilíbrio é estabelecido rapidamente, a menos que ocorra a difusão através da estrutura porosa. A fisiosorção corresponde a uma interação de natureza puramente eletrostática entre a partícula e os átomos superficiais do sólido. Origina-se pela atração entre dipolos permanentes ou induzidos, sem alteração dos orbitais atômicos ou moleculares das espécies comprometidas. Recebe também o nome de adsorção de Van der Waals. Entretanto, a quimiosorção, corresponde a uma interação de tipo químico, na qual os elétrons de enlace entre as moléculas e o sólido experimentam reordenamento e os orbitais respectivos mudam de forma, de modo similar a uma reação química.

Mas nem sempre a alteração eletrônica é completa no sentido dos enlaces químicos comuns, covalentes ou iônicos; pode ocorrer somente uma modificação ou deformação parcial dos orbitais. A entalpia de adsorção química é muito maior que a da adsorção física. Com exceção de alguns casos, a adsorção química é exotérmica e reversível (DI BERNARDO, 2005, p. 36)

METODOLOGIA

Foi utilizado o carvão ativado proveniente da casca de coco, com o principal objetivo de reduzir o crotonaldeído do etanol para atender as especificações da Agência nacional de petróleo (ANP).

Tendo isso em mente realizamos uma bateria de experimentos e análises a fim de comprovar a eficácia de redução desse composto utilizando o carvão ativado como peça chave para esse experimento.

A análise foi realizada em um laboratório utilizando o equipamento cromatógrafo gasoso de modelo TRACE 1310 para esses fins.

IMAGEM 3: CROMATÓGRAFO GASOSO



Fonte: Próprio auto

IMAGEM 4: CROMATÓGRAFO GASOSO



Fonte: Próprio autor

Realizamos uma coleta de etanol na data 20/04/2004 às 20:50 h e foi feito uma análise no cromatógrafo a fim de sabermos a quantidade de crotonaldeído presente na **amostra piloto 1**.

Segue logo abaixo uma tabela contendo os resultados da análise.

Tabela 1: Amostra Piloto Etanol 01

Condutividade	84,41 $\mu\text{S/m}$
Temperatura	27°C
Crotonaldeído	1,19 mg/kg
INPM	92,96
PH	7,44

Fonte: Próprio Autor

Para o experimento foi adicionado 144gr de carvão ativado do tipo granulado em um recipiente e acrescentado 250 ml da amostra piloto “etanol” e deixado em repouso por 03:45 h. Após o tempo concluído, a amostra 01 foi filtrada para a retirada de resíduos do carvão ativado e fuligem e foi realizado uma nova análise no cromatógrafo gasoso para verificar se o carvão ativado havia feito o processo de adsorção do crotonaldeído presente no etanol.

Vejamos na tabela 02 os resultados obtidos da análise da **amostra 1**.

Tabela 2:Resultados Amostra 01

Tempo	Crotonaldeído
03:45hr	0,43mg/kg

Fonte: Próprio Autor

Comparando as análises feitas do crotonaldeído na amostra piloto e amostra 01 percebemos que houve uma redução de 0,76 mg/kg. A amostra piloto continha uma de 1,19 mg/kg de crotonaldeído e passou para uma de 0,43 mg/kg presente na amostra 01, após a realização do processo de adsorção com a utilização do carvão ativado.

Esse é um resultado significativo pois a quantidade máxima permitida pela ANP do crotonaldeído é de 0,5 mg/kg por litro de etanol, obtivemos um ganho de 0,76 mg/kg.

Com isso fizemos o primeiro ciclo utilizando o carvão ativado (ciclo seria quantas vezes o etanol passou pelo carvão ativado). O objetivo foi identificar qual a quantidade de ciclos o carvão ativado poderia ser usado antes de saturar.

No dia 28/04/2024, foi realizado o segundo experimento onde utilizamos 03 recipientes com 144gr de carvão ativado cada, e adicionamos 150 ml da amostra piloto.

Cada amostra foi deixada em repouso em tempos diferentes para analisar a eficiência de adsorção do carvão ativado, conforme descrito abaixo:

Tempo: 02 h de repouso – amostra 01.

Tempo: 01:30 h de repouso – amostra 02.

Tempo: 01 h de repouso – amostra 03.

Devemos observar que a o carvão ativado utilizado na amostra 01 já tinha passado pelo processo de 01 ciclo que foi o experimento feito na amostra piloto, portanto esse seria o seu segundo ciclo; já a amostra 02 e 03 estava sendo o seu primeiro ciclo com o carvão ativado.

Isso foi feito com intuito de analisar a eficiência de adsorção do carvão ativado que já avia sofrido um ciclo em comparação com os demais que ainda não tinham passado por esse processo.

Vejamos na tabela 03 os resultados obtidos no **experimento 2**.

Tabela 3: Resultados Obtidos no Experimento 02

N° AMOSTRA	QTD CICLO	TEMPO	CROTONALDEIDO	GANHO NA AMOSTRA
1	2	2HR	0,18mg/kg	1,01mg/kg
2	1	1:30HR	0,16mg/kg	1,03mg/kg
3	1	1HR	0,26mg/kg	0,93mg/kg

Fonte: Próprio Autor

No processo de adsorção do carvão ativado observamos que parte da amostra ficava retida na sua superfície, causando assim, uma pequena perda da amostra. Vejamos abaixo na tabela 04 as perdas obtidas no **experimento 02 perdas da amostra**.

Tabela 4: Experimento 02 - Perda da Amostra

N° AMOSTRA	QTD ETANOL	QTD ETANOL APÓS CICLO	PERDA
1	150 ML	100 ML	50 ML
2	150 ML	140 ML	10 ML
3	150 ML	135 ML	15 ML

Fonte: Próprio Autor

Analisando a tabela 04 observamos que a amostra 01 que inicialmente continha 150 ml de etanol após passar pelo carvão ativado obteve-se apenas 100 ml do etanol ocorrendo assim, uma perda de 50 ml.

O mesmo aconteceu com a amostra 02 que ao sofrer o mesmo processo obteve-se 140 ml de etanol tendo uma perda de 10 ml. E assim sucessivamente com a amostra 03 obteve-se após o processo 135 ml etanol ocorrendo uma perda de 15 ml.

Essa perda ocorreu devido ao tempo de contato do etanol com o carvão ativado e também devido ao processo de filtração, onde parte do etanol pode ter sido absorvido pelo filtro, causando dessa forma a perda obtida através dos experimentos.

No dia 03/05/2024 realizamos o terceiro experimento onde utilizamos 03 recipientes que continha 144gr de carvão ativado, e dessa vez adicionamos 200 ml da amostra piloto. Foi deixado em repouso em tempos diferentes, seguindo os mesmos passos realizados no procedimento experimental 02.

Diminuímos ainda mais o tempo de contato do etanol com o carvão ativado para verificar se a sua eficiência permanecia. Estamos tentando encontrar um tempo onde o carvão ativado perca a eficiência da remoção, para então estimar o tempo adequado para remoção do crotonaldeído do etanol.

Devemos levar em conta que a amostra 01 que continha o carvão ativado já estava no seu terceiro ciclo e as amostra subsequentes estavam no seu segundo ciclo.

Tempo: 60 min. de repouso – amostra 01.

Tempo: 45 min. de repouso – amostra 02.

Tempo: 30 min. de repouso – amostra 03.

Após atingir o tempo estimado as amostras foram filtradas e levadas para análise e assim obteve-se o seguinte resultado que veremos logo abaixo na tabela 05 do **experimento 03**.

Tabela 5: Resultado do Experimento 03

QTD CICLO	TEMPO	CROTONALDEIDO	GANHO NA AMOSTRA
3	60 MTS	0,20 mg/kg	0,99 mg/kg
2	45 MTS	0,25 mg/kg	0,94 mg/kg
2	30 MTS	0,22 mg/kg	0,97 mg/kg

Fonte: Próprio Autor

Novamente ocorreu no experimento 03, uma pequena perda da amostra resultante do tempo de contato do etanol e carvão ativado e do processo de filtragem. Observe a tabela **experimento 03 perdas da amostra** que se encontra abaixo.

Tabela 6: Experimento 03 - Perda da Amostra

N° AMOSTRA	QTD ETANOL	QTD ETANOL APÓS CICLO	PERDA
1	200 ML	150 ML	50 ML
2	200 ML	150 ML	50 ML
3	200 ML	155 ML	45 ML

Fonte: Próprio Autor

Vimos que a amostra 01 que inicialmente continha 200 ml de etanol “amostra piloto” ao passar pelo carvão ativado e sofrer o processo de filtragem obteve-se 150 ml do etanol, tendo uma perda de 50 ml da amostra.

O mesmo acontece com a amostra 02 que continha 200 ml de etanol “amostra piloto” e ao sofrer todo o processo, resultou em 150 ml do etanol ocorrendo uma perda de 50 ml da amostra. Por último, o processo se repete na amostra 03 originando 155 ml de etanol acontecendo uma perda de 45 ml da amostra.

No dia 9/05/2024 foi realizado uma nova coleta de uma amostra piloto e feito uma nova análise em laboratório pois queríamos analisar se o etanol após passar pelo carvão ativado sofria alguma alteração na sua análise, absorve a tabela abaixo os resultados obtidos.

Tabela 7: Amostra Piloto Etanol 02

CONDUTIVIDADE	107,47 $\mu\text{S/m}$
INPM	92,89
PH	7,27

Fonte: Próprio Autor

Dessa vez foi criado um protótipo para facilitar o experimento, nesse protótipo contia um Becker de 500ml onde era adicionado o etanol, recipiente de 750ml onde contia o carvão ativado, uma válvula por onde era realizado a coleta do etanol após passar pelo carvão ativado, um Becker de 250ml para receber o etanol após passar pelo carvão ativado, dentro do Becker de 250ml contia um funil que em seu interior teria um papel filtro para o processo de filtração do etanol, veja abaixo imagens do protótipo que foi criado:

IMAGEM 5: Prototipo de adsorção com carvão ativado



Fonte: Próprio Autor

IMAGEM 6: Protótipo de adsorção com carvão ativado



Fonte:Próprio Autor

IMAGEM 7: Protótipo de adsorção com carvão ativado



Fonte: Próprio Autor

Foi adicionado ao Becker de 300ml a amostra piloto 02 e aberto a válvula para a passagem da amostra por uma mangueira cristal caindo assim a um recipiente de 750ml onde contia 144gr de carvão ativado, esse recipiente também contia uma válvula por onde a amostra após ter passado pelo carvão ativado era extraído assim caindo em um Becker de 250ml que contia um funil onde no seu interior se encontrava papel filtro para a filtragem da amostra removendo resíduos do carvão ativado para depois ser analisado.

Esse experimento foi realizado com a amostra de carvão ativado 3 o qual já tinha sofrido 2 ciclos, ou seja, esse carvão ativado já tinha sido utilizado 2 vezes, após os resultados obtidos foram descritos na tabela **EXPERIMENTO 4** logo abaixo:

Tabela 8: Experimento 4

CONDUTIVIDADE	1.140 $\mu\text{S/m}$
INPM	92,55
PH	5,6

Fonte: Próprio Autor

Falaremos mais sobre os experimentos aqui realizados mais afrente do trabalho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 3: Experimento 02

N° AMOSTRA	QTD CICLO	TEMPO	CROTANALDEIDO	GANHO NA AMOSTRA
1	2	2 Hr	0,18mg/kg	1,01mg/kg
2	1	1:30 Hr	0,16mg/kg	1,03mg/kg
3	1	1 Hr	0,26mg/kg	0,93mg/kg

Fonte: Próprio Autor

Inicialmente a amostra piloto 1 contia uma concentração de 1,19mg/kg de crotonaldeído e ao passar pelo carvão ativado nos tempos pré-determinado percebemos que ouve uma redução na concentração do crotonaldeído.

Os tempos estipulados foram 2hr, 1:30hr e 1hr, para a amostra 1 que foi deixado em repouso por 2hr foi notado uma redução do crotonaldeído que foi de 1,19mg/kg para 0,18mg/kg tendo assim um ganho de 1,01mg/kg na concentração da amostra.

Devemos notar que o carvão ativado contido na amostra já avia sofrido 2 ciclos e percebemos que mesmo assim o carvão ativado não tinha perdido sua eficiência de adsorção do composto.

Isso também acontece com a amostra 2 que avia sido deixado em repouso por 1:30hr, percebemos uma redução do crotonaldeído que após passar pelo carvão ativado teve sua concentração de 0,16mg/kg, com essa amostra obtemos um ganho de 1,03mg/kg na concentração da amostra.

O carvão ativado contido na amostra 2 estava no seu primeiro ciclo por esse motivo sua eficiência na remoção do composto.

A amostra 3 que tinha sido deixado em repouso 1hr também teve uma redução significativa a onde a concentração do crotonaldeído teve uma diminuição para 0,26mg/kg, tendo assim um ganho de 0,93mg/kg na concentração da amostra, o carvão ativado da amostra 3 também estava no seu primeiro ciclo.

Analisando os ganhos da amostra 2 e 3 que estava no seu primeiro ciclo percebemos que com a redução do tempo de contato do etanol com o carvão ativado também houve uma diminuição na remoção do composto crotonaldeído.

Tabela 5: Experimento 3

Nº AMOSTRA	QTD CICLO	TEMPO	CROTONALDEIDO	GANHO NA AMOSTRA
1	3	60 MTS	0,20 mg/kg	0,99 mg/kg
2	2	45 MTS	0,25 mg/kg	0,94 mg/kg
3	2	30 MTS	0,22 mg/kg	0,97 mg/kg

Fonte: Próprio Autor

No experimento 3 continuamos a reduzir o tempo de contato do carvão ativado com etanol no intuito de verificar se com o menor tempo o carvão ativado perdia sua eficiência de remoção.

Os tempos usados para o experimento 3 foram de 60mts, 45mts e 30mts, na amostra 1 que foi deixado em repouso por 1hr verificamos uma redução do crotonaldeído que foi de 1,19mg/kg para 0,20mg/kg havendo um ganho de 0,99mg/kg na concentração da amostra.

Para esse experimento observamos na tabela que o carvão ativado já havia sofrido 3 ciclos e ainda mantinha sua eficiência na redução do composto.

Na amostra 2 que foi deixado em descanso por 45mts observamos que obtivemos uma redução na concentração do crotonaldeído após passar pelo carvão ativado que foi para 0,25mg/kg nos dando um ganho de 0,94mg/kg na concentração da amostra.

O carvão ativado utilizado para esse experimento já estava no segundo ciclo mantendo sua eficiência de remoção em alta.

Na amostra 3 que estava em repouso por 30mts obtivemos uma redução na concentração do crotonaldeído contido na amostra após passar pelo carvão ativado que foi para 0,22mg/kg tendo assim um ganho de 0,97mg/kg na concentração da amostra.

Se prestamos atenção na tabela experimento 2 veremos que a amostra 2 que ficou em descanso por 1:30hr teve uma melhor remoção do crotonaldeído do que as amostra 1 e 3 que ficou em repouso por 2hr e 60mts, e o mesmo acontece com a tabela experimento 3, a amostra 1 que estava em repouso por 60mts teve uma melhor eficiência na remoção do composto do que a amostra 2 e 3 que estava em repouso por 45mts e 30mts.

Devemos observar que na tabela do experimento 2 a amostra 2 o carvão ativado estava no seu primeiro ciclo e que na tabela do experimento 3 a amostra 1 o carvão ativado estava no seu 3 ciclo e mesmo assim a eficiência de ambos estava melhor que as demais.

Essa eficiência está correlacionada com a força de Van der Waals que ocorre na superfície sólida do carvão ativado que cria um campo de força que atrai e aprisiona a molécula do crotonaldeído, estas interações têm um longo alcance porém são fracas ou seja ela aprisiona a molécula do crotonaldeído mais logo libera, por isso vemos algumas amostra muitas vezes em menor tempo de contato do etanol com o carvão ativado com uma melhor eficiência de remoção, e algumas amostra com o maior tempo de contato com carvão ativado também com uma melhor eficiência de redução do composto crotonaldeído.

Quando realizamos o quarto experimento utilizando uma nova amostra piloto 02 a intenção do grupo era analisar se o etanol ao passar direto pelo carvão ativado mudaria alguma propriedade no etanol, nesse caso não foi possível analisar a amostra no cromatógrafo gasoso pois estava em manutenção periódica só foi possível analisar a CONDUTIVIDADE, INPM e PH.

Tabela 7: Amostra Piloto Etanol 02

CONDUTIVIDADE	107,47 μ S/m
INPM	92,89
PH	7,27

Fonte: Próprio Autor

Depois de passar a amostra piloto pelo protótipo de adsorção com carvão ativado obtemos os seguintes resultados.

Tabela 8: Experimento 4

CONDUTIVIDADE	1.140 $\mu\text{S/m}$
INPM	92,55
PH	5,6

Fonte: Próprio Autor

Se observamos as duas tabelas anteriores notaremos uma mudança nas características do etanol, a condutividade saiu de 107,47 para 1,140, INPM saiu de 92,89 para 92,55 e o PH saiu de 7,27 para 5,6 isso nos mostra que o carvão ativado mexe com as propriedades do etanol aumentando a condutividade e diminuindo o INPM e o PH.

A graduação do etanol cai ao passar pelo carvão ativado devido à adsorção. O carvão ativado possui uma grande superfície interna com muitos poros minúsculos, o que lhe oferece uma alta capacidade de adsorver moléculas. O etanol, por ser uma molécula polar, é atraído para essas superfícies e se liga a elas por meio de forças intermoleculares.

O aumento na condutividade no etanol acontece devido ao processo de adsorção do carvão ativado que pode alterar a concentração de íons na solução de etanol. Se o carvão ativado adsorver íons positivos, como H^+ , a condutividade da solução pode diminuir. Por outro lado, se o carvão ativado adsorver íons negativos, como OH^- , a condutividade da solução pode aumentar.

Em relação a diminuição PH novos estudos e experimentos devem ser realizado para melhor compreensão desse acontecimento.

CONCLUSÃO

A realização deste trabalho permitiu analisar e discutir a crise do petróleo das décadas de 1970 e 1980, com foco nas suas consequências para a economia brasileira e nas alternativas desenvolvidas para mitigar os impactos da dependência do petróleo, em particular o Programa Nacional do Álcool (PROALCOOL). Observou-se que a implementação do PROALCOOL teve um papel significativo no desenvolvimento do setor de biocombustíveis no Brasil.

A análise dos dados mostrou que, apesar das dificuldades enfrentadas pelo programa durante a década de 1980, a retomada do interesse por combustíveis renováveis na virada do século XXI foi impulsionada tanto pela elevação dos preços do petróleo quanto pelas crescentes preocupações ambientais. O Brasil, beneficiado pela sua vasta produção de cana-de-açúcar e pelo avanço tecnológico no setor sucroalcooleiro, consolidou-se como um importante produtor e exportador de etanol.

A pesquisa também abordou a importância do carvão ativado no processo de purificação do etanol, destacando suas propriedades adsorventes e sua eficácia na remoção de impurezas. Os resultados obtidos a partir dos experimentos laboratoriais confirmaram a eficiência do carvão ativado na remoção do composto crotonaldeído presente no etanol obtendo resultados significativos.

Com os resultados obtido nos experimentos concluímos que o carvão ativado é excelente na remoção do crotonaldeído, mais como ponto negativo ele diminui sua graduação e PH, aumenta sua condutividade, devido a esses fatores estudos mais aprofundados e novos experimentos devem ser realizados afim de conseguir resolver esse problema.

REFERENCIA BIBIOGRAFICAS

ABDALA, Thaís. Análise comparativa dos processos de produção de etanol anidro. *In*: ABDALA, Thaís. **Análise comparativa dos processos de produção de etanol anidro**. 2017. Monografia de graduação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia como parte dos requisitos necessários para a aprovação na disciplina de Projeto de Graduação do curso de Engenharia Química. (FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA) - UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLANDIA FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA, [S. l.], 2017.

BATISTA, Fábio. Estudo do processo de destilação alcoólica contínua: Simulação de Plantas Industriais de Produção de Álcool Hidratado, Álcool Neutro e Cachaça. *In*: BATISTA, Fábio. **Estudo do processo de destilação alcoólica contínua: Simulação de Plantas Industriais de Produção de Álcool Hidratado, Álcool Neutro e Cachaça**. Fevereiro de 2008. Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Alimentos. (Engenheiro de alimentos) - UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS, [S. l.], 2008.

DI, BERNADO. ADSORÇÃO EM CARVÃO ATIVADO E OUTROS MATERIAIS. **ADSORÇÃO EM CARVÃO ATIVADO E OUTROS MATERIAIS**, [S. l.], p. 34-52, 2005.

INDUTRIA DE CANA DE AÇUCAR, UNIÃO. Produção e uso do Etanol combustível no Brasil: RESPOSTAS ÀS QUESTÕES MAIS FREQUENTES. **Produção e uso do Etanol combustível no Brasil**, [S. l.], p. 2-68, mar. 2007.

JUNIOR, Ulisses. ESTUDO DE CASO: REMOÇÃO DE IMPUREZAS NO ETANOL INDUSTRIAL. *In*: JUNIOR, Ulisses. **ESTUDO DE CASO: REMOÇÃO DE IMPUREZAS NO ETANOL INDUSTRIAL**. Orientador: Prof. Dr. Thiago Faggion de

Pádua. 2022. Trabalho de Graduação apresentado ao Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de São Carlos (Engenharia Química) - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA, [S. l.], 2022.

RAÍZEN, TIME. Etanol Hidratado Especial – REN e COREIA. *In*: RAÍZEN, TIME. **Etanol Hidratado Especial – REN e COREIA**. [S. l.], 18 fev. 2022. Disponível em: <https://www.raizen.com.br/blog/etanol>. Acesso em: 6 jun. 2024.

RIBABLUE, BY. CARVÃO ATIVADO NA FILTRAGEM DE ÁGUA. *In*: RIBABLUE, BY. **CARVÃO ATIVADO NA FILTRAGEM DE ÁGUA**. [S. l.], 6 mar. 2012. Disponível em: <https://ribablue.blogspot.com/2012/03/carvao-ativado-na-filtragem-de-agua.html>. Acesso em: 6 jun. 2024.