

RECRISTALIZAÇÃO DO KNO₃ PARA MOTORES-FOGUETE - EQUIPE BRAVO Fernando Silva e Camargo, Verônica Fiorin Arruda, Gabriel Doria Xavier, Amanda Cassiano de Souza

Universidade do Vale do Paraíba/Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, Avenida Shishima Hifumi, 2911, Urbanova - 12244-000 - São José dos Campos-SP, Brasil, fernandinho20251@hotmail.com, Veronica.fiorin.study@gmail.com, gabrielxavier@univap.br, amandacassianodesouza@gmail.com

Resumo

Para alcançar novas altitudes, a equipe Bravo Aerospace Team iniciou a confecção de seu próprio propelente tornando assim seus motores mais potentes. Para tal objetivo a recristalização é essencial, pois através dela é possível purificar o KNO₃ contido em fertilizantes e utilizá-lo como agente oxidante na queima dos motores-foguete. O procedimento envolve a dissolução do fertilizante em um solvente, a filtração, deixando impurezas indesejadas para trás, formação de cristais deixando o licor-mãe em repouso e, após isso, lavagem e secagem dos cristais. Todo esse processo leva a um rendimento final próximo a metade de KNO₃ contido na composição do fertilizante, mas que pode ser melhor aproveitado. Em relação a pureza dos cristais enxerga-se uma boa efetividade no procedimento tendo em vista que quanto mais puro os cristais, melhor o desempenho na queima dos motores-foguete. Em suma, o procedimento está bem direcionado, mas é possível melhorá-lo quanto ao rendimento.

Palavras-chave: Propelente; Recristalização; KNO₃.

Área do Conhecimento: Engenharias - Engenharia Química

Introdução

A equipe Bravo Aerospace Team é um grupo de extensão e pesquisa universitária voltada para a área de foguetemodelismo. Criada em 2018, a equipe desenvolveu inúmeros projetos em parceria com outras instituições que tiveram grande sucesso. Um dos grandes projetos da equipe foi o lançamento do foguete bi-estágio Tereshkova com apogeu de 300 m, que foi lançado e recuperado com sucesso. Um dos motores utilizados pela equipe é o chamado motor comercial, que é conhecido popularmente como treme-terra, e que atende a muitos projetos, não só da equipe, mas também dos projetos desenvolvidos por alunos do curso de Engenharia Aeroespacial. Entretanto, viu-se a necessidade de produzir um motor com maior empuxo para criar melhores foguetes.

Iniciou-se, então, pesquisas acerca de qual propelente utilizar, considerando as condições da equipe e a qualidade, eficiência e grau de risco para o manuseamento. Após pesquisas em literaturas conhecidas do meio (Nakka), o propelente definido foi a mistura entre nitrato de potássio (KNO₃), como oxidante (Singh, 2015) e sacarose (C₁₂H₂₂O₁₁), ou KNSU, popularmente utilizado no meio universitário para propulsão sólida e que pode ser facilmente fabricado. Para melhor eficiência do propelente, a pureza do oxidante é essencial, pois qualquer tipo de impureza pode atrapalhar a reação de combustão (Nakka, 2008). Entretanto sua obtenção na forma mais pura não é possível devido a utilização do KNO₃ como material para explosivos, sendo assim, o processo de recristalização é extremamente importante para obtenção e eficiência do propelente.

A recristalização é um procedimento que visa eliminar impurezas, redimensionar os cristais e purificá-los. Para isso, segue-se o procedimento padrão desse processo buscando entender qual o melhor solvente para as impurezas deixando apenas o produto final desejado, o nitrato, que possuirá as características desejadas e irá interagir de forma eficaz com a sacarose durante a queima do propelente.

Assim, após obter o nitrato recristalizado e purificado, é possível utilizá-lo nos motores feitos pela equipe para os mais diversos apogeus variando apenas a quantidade de propelente em cada classe de motor.

Metodologia

Para a realização desse experimento foram utilizados os seguintes materiais:

- forma de alumínio;
- água destilada e deionizada;
- fertilizante NKS;
- funil;
- filtro qualitativo;
- forno;
- panela;
- espátula de alumínio;
- kitassato.

É preciso separar 1 kg de fertilizante NKS em um becker e ferver 1,5 l de água destilada e deionizada. Após isso é preciso colocar a água sob fogo para que a água ferva, chegando a uma temperatura entre 80°C e 90°. Quando alcançar tal temperatura, despeje o conteúdo do becker aos poucos dentro da água fervida.

Mexa com uma espátula até que a solução se torne homogênea, e então, leve-a para a filtração utilizando o funil e o kitassato. Para acelerar o processo, pode-se utilizar um compressor ligado ao kitassato.

Logo após a filtração, despeje todo o conteúdo na forma de alumínio e deixe descansar por aproximadamente 24h.

Após o período de 24h, despeje o conteúdo líquido em um becker deixando apenas os cristais recém-formados na forma.

Em seguida, despeje água destilada e deionizada abaixo de 10°C nos cristais, cobrindo-os o máximo possível. Então, por 30 s, balance a forma levemente, de um lado para o outro, para lavar as impurezas dos cristais e despeje o líquido em um becker, para descarte.

Leve os cristais ao forno à 200°C e deixe secar por 30 minutos. Passado o período de tempo, deixe os cristais esfriarem, mexa-os para desgrudar os cristais da parede da forma e, então, repita o processo com água abaixo de 10°C e leve ao forno novamente. Repita esse procedimento mais uma vez.

Completado o ciclo, a recristalização e purificação do KNO₃ está finalizada.

Resultados

Os resultados devem conter todos os dados necessários para embasar a conclusão do estudo.

Devem ainda ser apresentados nos resultados de forma bem descrita e representados em figuras e tabelas quando aplicáveis.

O procedimento foi replicado por três vezes utilizando a mesma matéria-prima avaliando a regularidade do processo e o seu rendimento em relação a quantidade de K disponível no fertilizante, como mostrado na tabela abaixo.

Tabela 1 - Resultados da recristalização

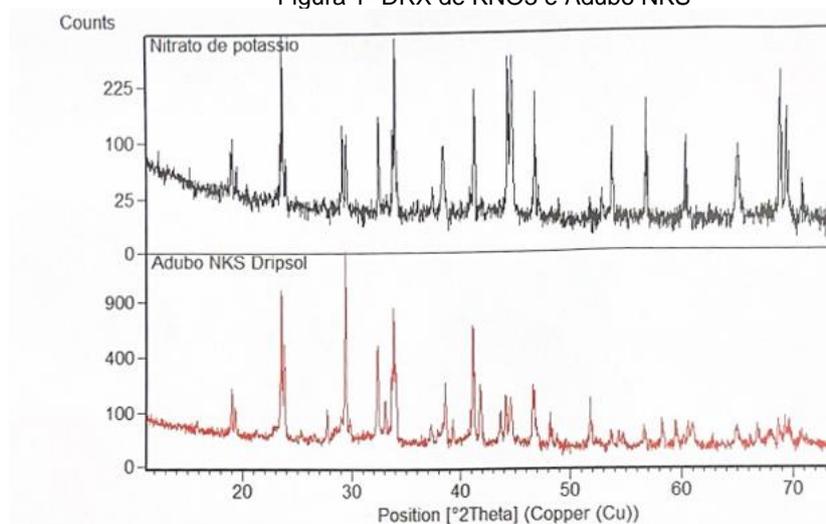
Nº Recristalização	Marca	Massa inicial(g)	Massa final(g)	Rendimento em relação ao K(%)
1	Dripsol	1000	191,89	19,2%
2	Dripsol	1000	308,12	30,8%
3	Dripsol	1000	210,00	21,0%

Total			709,94	

Fonte: Os autores

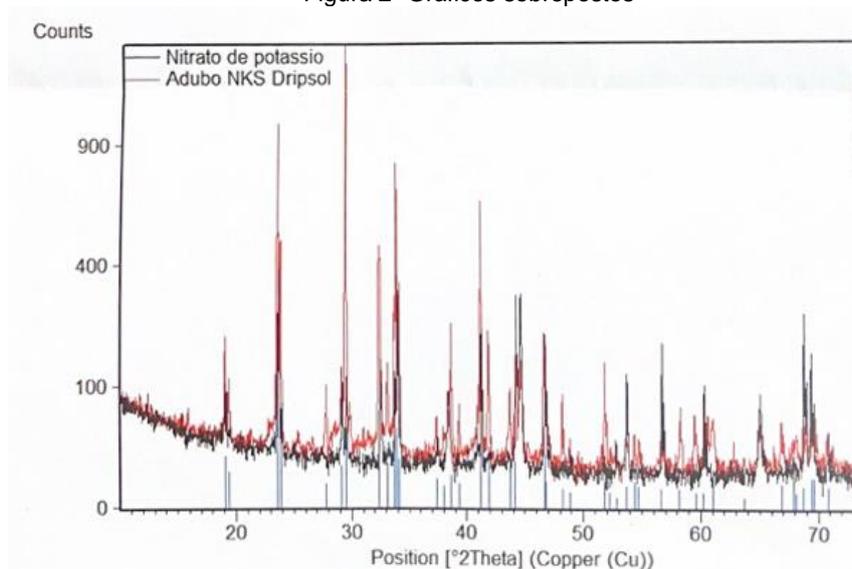
Também foi feita uma análise de DRX comparando com o nitrato puro visando a análise da eficiência da recristalização considerando que quanto mais puro, mais eficaz se torna o nitrato no fornecimento de oxigênio para a combustão no motor do foguete. O resultado segue nas imagens abaixo.

Figura 1- DRX de KNO₃ e Adubo NKS



Fonte: os autores

Figura 2- Gráficos sobrepostos



Fonte: os autores

Na figura 1 temos os gráficos postos individualmente e em escalas diferentes quanto a contagem, mas já na figura 2, os gráficos estão sobrepostos para melhor perspectiva de comparação estando na mesma escala de contagem.

Discussão

O procedimento de recristalização ainda não é completamente estável tendo um produto final variável. A média dos produtos finais é de, aproximadamente, 236,65 g de nitrato purificado. Não existe um fator conclusivo para um produto final maior na segunda recristalização, mas caso venha ocorrer novamente é possível realizar uma análise do licor-mãe e do licor das lavagens para compreender em qual parte do procedimento está se perdendo esses 100 g de diferença.

Já o rendimento está próximo do esperado considerando que na composição do NKS Dripsol possui 45% de potássio e nenhum processo converte 100% da massa inicial em massa final. Entretanto, como visto no segundo procedimento, é possível extrair um produto final maior, mas que ainda precisa de estudo e mais repetições do processo para avaliar se foi apenas um ponto fora da curva ou é factível estabilizar a recristalização nesses valores. Há de se considerar também a qualidade do adubo utilizado. Diferentes marcas podem ter resultados diferentes.

Em relação ao grau de pureza da recristalização, observa-se que o procedimento é bem eficaz nesse quesito. Os picos nos gráficos na Difração de Raio-X demonstram que a estrutura atômica e molecular do nitrato recristalizado é semelhante ao nitrato puro. Nos gráficos separados existe uma aparente grande diferença, mas quando sobrepostos e colocados na mesma escala é possível notar que as diferenças não são tão distintas.

Conclusão

O procedimento de recristalização de KNO_3 realizado é eficiente para os propósitos da equipe e atende às suas necessidades. A pureza, principal característica para o propelente ter uma boa combustão e ignitar o foguete a altura desejada, possui um valor muito bom e que propicia bons resultados tornando o processo de recristalização definitivamente útil e importante para o desenvolvimento dos motores-foguete e, principalmente, da equipe Bravo Aerospace Team.

Existem melhorias a serem feitas no procedimento como, por exemplo, um maior controle das variáveis que podem influenciar no processo de formação dos cristais e na perda de material útil durante toda a purificação do KNO_3 , mas que ainda precisam ser mais experienciadas para chegar a um processo definitivo e com baixa variação.

Referências

NAKKA, Richard. Purification of Low-grade Potassium Nitrate. 2008. Disponível em: <https://www.nakka-rocketry.net/knpurify.html>. Acesso em: 13 ago. 2024.

SINGH, D. Abhijeet. Sugar Based Rocket Propulsion System-Making, Analysis & Limitations. International Journal of Engineering Trends and Applications (IJETA) Volume, v. 2, 2015. Disponível em: <https://www.ijetajournal.org/volume-2/issue-5/IJETA-V2I5P7.pdf>. Acesso em 14 ago. 2024.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Laboratório de Catálise Heterogênea - Instituto de Pesquisa & Desenvolvimento - UNIVAP - Brasil.