



UFABC

2º Quadrimestre de 2018

# **Recristalização do Nitrato de Potássio utilizado em Propelentes Sólidos para Foguetes**

Carolina Rosa Villegas    RA: 11201810183

**Professor responsável:** Bruno Guzzo da Silva

São Bernardo do Campo, 7 de Agosto de 2018.

## Sumário

Resumo.....	3
1. Introdução.....	4
1.1. Propelentes sólidos para foguetes.....	4
1.2. Recristalização.....	4
2. Materiais e Métodos.....	5
2.1. Materiais.....	5
2.2. Metodologia.....	6
2.2.1. Recristalização.....	6
2.2.2. Confecção do grão.....	9
3. Resultados e Discussões.....	10
3.1. Análise dos Resultados Experimentais.....	10
4. Conclusões.....	11
5. Referências Bibliográficas.....	11

## **Resumo**

Neste processo, enfatizou-se a recristalização do nitrato de potássio ( $\text{KNO}_3$ ) contido no fertilizante YaraTera KRISTA K. A solubilização do  $\text{KNO}_3$  em água destilada foi feita, primeiramente, elevando-se a temperatura da água e, posteriormente, colocando a solução na geladeira. Após alguns dias, fez-se a secagem da solução mecanicamente (fricção) e com o auxílio de uma estufa. O processo de confecção do segmento como um todo levou 6 dias para ser realizado. O propelente sólido utilizado no foguete foi o KNSu composto de nitrato de potássio e sacarose.

Os objetivos principais deste estudo são: obter cristais partindo de uma solução supersaturada, melhorar a eficiência dos equipamentos e aumentar a qualidade dos produtos obtidos a fim de deixar a menor quantidade possível de resíduos após a queima do propelente.

**Palavras-chave:** propelente sólido, foguete, nitrato de potássio, purificação, cristalização.

## 1. Introdução

### 1.1. Propelentes sólidos para foguetes

A propulsão de foguetes é uma área bastante desafiadora onde conceitos de física e química podem ser amplamente explorados. Para projetar um motor de foguete que utiliza propelente sólido uma série de fatores deve ser avaliada, uma vez que os compostos utilizados na formulação do propelente são explosivos e devem estar balanceados para melhores resultados de propulsão (BALDISSERA, R. et al., 2016.). O propelente sólido é uma mistura complexa e estável de compostos oxidantes e redutores. Em um motor de foguete o propelente que irá gerar a propulsão para o mesmo está contido em uma câmara de combustão. Cada parte do propelente disposta na câmara é chamada de grão. Quando o grão é ignitado deverá queimar de maneira contínua e homogênea, gerando calor e formando moléculas gasosas de baixa massa molecular. A Figura 1 mostra o design típico de um motor de foguete que utiliza propelente sólido. (BALDISSERA, R. et al., 2016.).

O KNSu, propelente sólido constituído por sacarose e nitrato de potássio, é tradicionalmente utilizado em minifoguetes. A sacarose atua como combustível e o nitrato de potássio como oxidante. No geral, é um propelente barato, não necessita de equipamentos complexos para ser confeccionado e apresenta bom desempenho (impulso específico relativamente elevado).

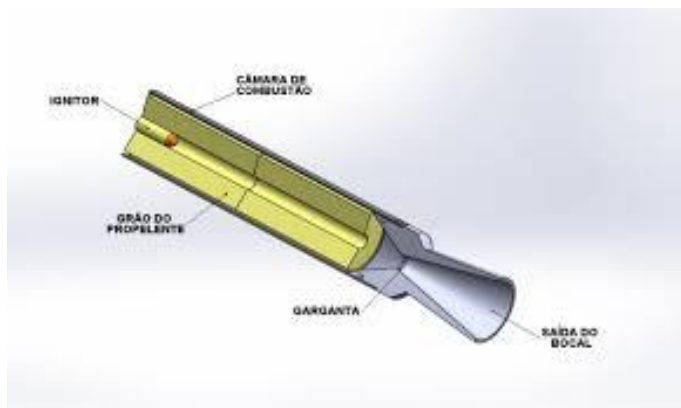


Figura 1: Seção transversal de um motor de foguete que utiliza propelente sólido.

### 1.2. Recristalização

Um dos fatores fundamentais para garantir um desempenho satisfatório de um foguete é a qualidade dos propelentes sólidos utilizados. Impurezas, mesmo que em baixa concentração, podem causar grandes variações em aspectos

como razão de queima e eficiência de combustão, podendo causar desde variações na operação até falhas catastróficas (NASA, 1971).

Como a venda de  $\text{KNO}_3$  com alta pureza ( $\geq 99\%$ ) é controlada, normalmente, o produto é obtido a partir de fertilizantes comerciais, tal como o KRISTA K que apresenta aproximadamente 58% de  $\text{KNO}_3$ . Entretanto, para o uso como propelente de foguete,  $\text{KNO}_3$  com alto grau de pureza é desejado (98-99%) para proporcionar um desempenho satisfatório. Dessa forma, torna-se necessário purificar o fertilizante através da recristalização. A Figura 2 mostra os cristais de nitrato de potássio. O processo de recristalização do  $\text{KNO}_3$  garante a alta pureza do propelente baseando-se na variação da solubilidade de sólidos em líquidos com a temperatura, sendo que o objetivo da recristalização é retirar certas impurezas que podem ter um efeito negativo sobre a taxa de queima de um propulsor e, como tal, causar um desvio da pressão da câmara esperada e dos perfis de impulso de um motor. Além de impurezas insolúveis em água, algumas impurezas que são conhecidas por gerarem tais problemas são hidróxido de potássio, hidróxido de sódio, carbonato de potássio e nitrato de amônio (NAKKA, 2015).



*Figura 2: Cristais de nitrato de potássio*

## **2. Materiais e Métodos**

### **2.1. Materiais**

- Fertilizante KRISTA K;
- Sacarose;

- Balança analítica;
- Chapa de aquecimento;
- Termômetro digital;
- Béquer de 2 L;
- Béquer de 1 L;
- Piceta de água destilada;
- Peneira de 80 Mesh / 180 micrometros;
- Peneira de 106 micrometros;
- Recipiente de vidro para deixar o nitrato na geladeira;
- Pano de poliéster;
- Bagueta;
- Estufa;
- Liquidificador para triturar o nitrato de potássio.

## **2.2. Metodologia**

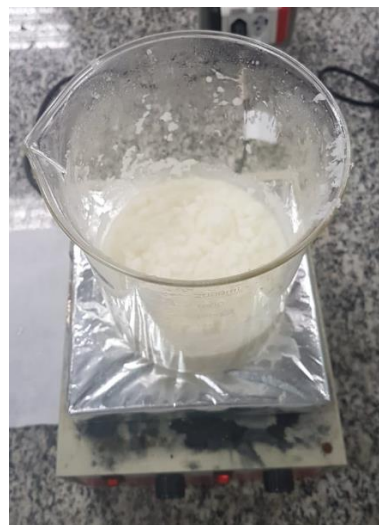
### **2.2.1. Recristalização**

A balança analítica foi calibrada para a pesagem de 999,97 g de fertilizante colocados num béquer. O fertilizante estava dentro de um pote plástico com sílica que serve para retirar a umidade do meio. Além disso, foi medido um volume de 500 mL de água destilada também com o auxílio de um béquer. Em seguida, colocou-se o béquer de água destilada numa chapa de aquecimento 110 V até a sua ebulição (no dia a temperatura medida com um termômetro digital foi de 90 °C). Quando a ebulição começou, o fertilizante foi sendo jogado aos poucos na água e a solução foi mexida com uma bagueta para o aumento do número de colisões efetivas. A solução começava opaca mas após a agitação ficava translúcida até chegar no ponto de saturação. Com a solubilização de todo o fertilizante, a temperatura chegou em 98°C e a chapa de aquecimento foi desligada (ver Figura 3 e Figura 4). A solução então passou

através de uma peneira de 80 Mesh / 180 micrometros e foi guardada em um recipiente de vidro envolvido por filme plástico para ser deixada na geladeira por 2 dias (ver Figura 5).



*Figura 3: Solução no fim do aquecimento*



*Figura 4: Solução no fim do aquecimento*

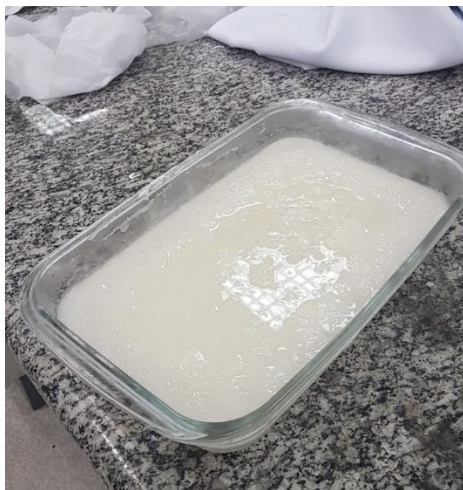


*Figura 5: Solução após passar pela peneira*

Após os 2 dias, a temperatura da solução era de 5 °C. Ela foi retirada da geladeira (ver Figura 6). Colocou-se 500 mL de água destilada e gelo em um outro béquer e levou-se esse béquer para o freezer até a mistura atingir 3 °C. Enquanto isso, um segundo béquer foi coberto com um pano de poliéster para que a mistura fosse jogada ali, separando o

gelo da água. No recipiente de vidro com o nitrato de potássio, foi usada uma colher para a extração do  $\text{KNO}_3$  e para jogar o conteúdo no béquer com água gelada. Conforme o  $\text{KNO}_3$  foi sendo jogado na água, a mistura foi sendo mexida com uma bagueta. Tal mistura passou por um pano de poliéster que envolvia um béquer, ficando no pano o nitrato de potássio puro. Em forma de trouxinhas, o  $\text{KNO}_3$  foi friccionado manualmente com a finalidade de retirar a água restante (ver Figura 7). Após esse processo, o  $\text{KNO}_3$  foi colocado em um recipiente de vidro (ver Figura 8) e deixado na estufa a  $60\text{ }^\circ\text{C}$  por 4 dias.

Após os 4 dias, retirou-se o recipiente da estufa (ver Figura 9) para a mistura de nitrato de potássio com a sacarose.

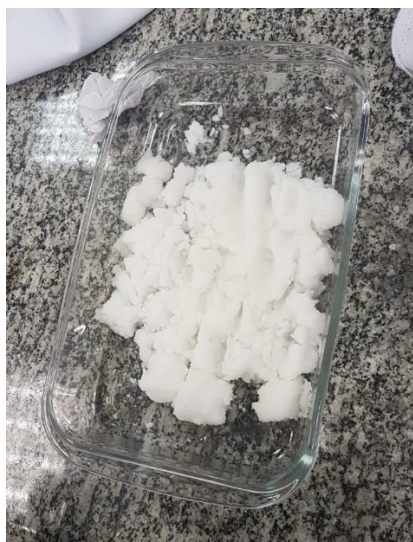


*Figura 6: Solução após ser retirada da geladeira*



*Figura 7: Fricção manual em forma de trouxinha*





*Figura 8: Nitrato de potássio após a fricção manual    Figura 9: Nitrato de potássio retirado da estufa depois de 4 dias*

### **2.2.2. Confecção do grão**

Depois da recristalização realizada com o intuito de obter-se o  $\text{KNO}_3$  puro, começou o processo de confecção do grão que foi colocado na câmara de propulsão do foguete. O KNSu foi produzido através de uma mistura de 65% em massa de nitrato de potássio e 35% em massa de açúcar, com um erro experimental de 15%. Depois de seco na estufa, o  $\text{KNO}_3$  foi batido em um liquidificador e passado numa peneira de 106 micrometros (ver Figura 10). Após essa etapa, ele foi misturado com sacarose e a mistura sólida aquecida dentro de uma panela em uma chapa de aquecimento. No momento em que o açúcar e o nitrato de potássio chegaram no ponto certo de cozimento (ver Figura 11), rapidamente a mistura foi colocada na máquina de grãos e, então no inibidor para que o grão fosse moldado (ver Figura 12). O processo de molde do grão deve ser feito de maneira rápida para que a mistura não esfrie, deixando rachaduras ao ser pressionada na máquina de grãos.



*Figura 10: KNO<sub>3</sub> após ser passado na peneira e no liquidificador*



*Figura 11: Cozimento do KNO<sub>3</sub> e açúcar*



*Figura 12: Grão moldado e pronto para uso*

### **3. Resultados e Discussões**

#### **3.1. Análise dos Resultados Experimentais**

Após a realização do experimento, foi possível perceber que a quantidade de KNO<sub>3</sub> que passa na peneira de 80 Mesh / 180 micrometros varia muito dependendo de como é feita a solubilização do fertilizante na água em ebulição. No dia do experimento, a quantidade foi extremamente baixa mas a equipe da UFABC Rocket Design constatou ser um caso fora do comum, ou seja, normalmente a quantidade era bem maior. Seria recomendável, portanto, adotar

um método a ser seguido para que a quantidade seja constante e suficiente todas as vezes que o experimento for realizado.

Além disso, após a retirada do nitrato de potássio da estufa a 60 °C por 4 dias ainda restou umidade no meio. Dessa forma, seria interessante adotar um outro método de secagem, ou ainda, aumentar a temperatura de estufa para que a quantidade de dias não aumente e o prazo de lançamento do foguete seja comprometido.

#### **4. Conclusões**

Através dos experimentos, foi possível identificar que a temperatura de solubilização do KNO<sub>3</sub> não foi a ideal uma vez que ao misturar com água destilada ela variava, o que não poderia ocorrer. Tal processo prejudicou o seguinte, que consistiu na filtração com uma peneira 80 Mesh / 180 micrometros, pois a grande maioria da solução ficou retida.

Além disso, para a separação dos cristais puros, a secagem por 4 dias numa estufa a 60 °C não foi tão eficiente uma vez que a olho nu era possível constatar umidade presente no KNO<sub>3</sub>, o que não pode ocorrer para que impurezas como o hidróxido de potássio, hidróxido de sódio, carbonato de potássio e nitrato de amônio não fiquem retidas com o KNO<sub>3</sub>.

#### **5. Referências Bibliográficas**

- [1] BALDISSERA, R. et al. Propelentes sólidos para foguetes: Avaliação teórica do desempenho da mistura nitrato de potássio/açúcar. **Revista Interdisciplinar de Ciência Aplicada**. Vol.2, n. 2, 2016.
- [2] NASA. **Solid Propellant Processing Factors in Rocket Motor Design**. Outubro, 1971. 82 páginas. NASA SP-8075.
- [3] NAKKA, R. **Richard Nakka's Experimental Rocketry Web Site**, 2015. Disponível em: <<http://www.nakka-rocketry.net/>>.