**BANDTEC DIGITAL SCHOOL**

CONTROLE DE TEMPERATURA E UMIDADE PARA FINS DE ARMAZENAMENTO DE NITRATO DE AMÔNIO (NH4NO3)

|  |  |
| --- | --- |
| **Turma 1ADSB – Grupo 5** |  |
| Bruno Pinheiro Alves Teixeira | RA: 01202070 |
| Isabella Pires Silva | RA: 01202062 |
| Luan Collyns Sousa Silva | RA: 01202119 |
| Matheus Pinheiro Barbosa | RA: 01202097 |
| Nilton Rodrigo dos Santos Santana | RA: 01202051 |
| Priscila Choi | RA: 01202083 |
| Tabata Fernanda dos Santos Silva | RA: 01202089 |
| Victor Pederzini | RA: 01202101 |

São Paulo

2020

**CONTEXTUALIZAÇÃO**

1. **O QUE É NITRATO DE AMÔNIO**

O Nitrato de Amônio (NA), cuja fórmula química é NH4NO3, é um produto químico sintético de fase sólida com uma aparência semelhante a cristais. Por se tratar de um composto sintético, não é possível encontrá-lo na natureza, sendo que a forma de o obter é a partir do estímulo de uma reação química entre a Amônia e o Ácido Nítrico. Após a reação, o produto é submetido a um processo de granulação para tornar mais viável o seu armazenamento e uso.

Apesar de geralmente ser associado à fabricação de explosivos para atividades de mineração, 85% do NA utilizado é destinado à produção de fertilizantes, sendo que os 15% restantes ficam distribuídos entre aplicações industriais, de mineração e de explosivos no geral.

* 1. **Aplicações do Nitrato de Amônio**

Como visto na seção anterior, o NA é majoritariamente aplicado no setor de agricultura. Segundo o Instituto Internacional de Nutrição de Plantas (IPNI), o NA fornece uma alternativa muito eficiente para as plantas absorverem o Nitrogênio. Isso porque o seu caráter granular diminui consideravelmente a perda do Nitrogênio por volatilização, tornando-o muito atraente para os agricultores. Estima-se que, por ano, sejam utilizadas globalmente cerca de 37 milhões de toneladas métricas de NA.

Por ter a possibilidade de ser fabricado em formas mais ou menos densas e ter alto teor oxidante, o NA também é utilizado como explosivo na indústria mineradora e para fins militares. Em sua forma menos densa, sua natureza porosa – intensificada pelo processo de granulação –, acaba facilitando a associação com combustíveis aos quais ele é misturado. Além disso, por ser altamente higroscópico, isto é, ter alta capacidade de absorção de água, o NA muitas vezes é misturado com emulsificantes para formar uma massa que é colocada, junto com gases de ativação, em recipientes similares às “bananas” de dinamite.

Além de aplicações na agricultura e mineração, o NA também é empregado em diversos usos considerados secundários, abrangendo desde embalagens de resfriamento instantâneo e *airbags* até o uso como inseticida e propelentes sólidos para foguetes.

1. **RISCOS ENVOLVIDOS NO MANEJO E ARMAZENAMENTO DE NA**

A possibilidade de utilização de fertilizantes à base de NA como matéria prima para explosivos faz ele ser classificado como um material perigoso e que, portanto, pode oferecer riscos às pessoas. Historicamente, foram diversos casos de explosões, criminosas ou não, envolvendo NA, alguns infelizmente culminando em muitos óbitos e feridos:

* 1921 – Fábrica da Basf em Oppau, Alemanha: 561 mortos e 2 mil feridos;
* 1947 – Navio no Porto de Texas City, EUA: 581 mortos;
* 1995 – Atentado em Oklahoma City, EUA: 168 mortos e 700 feridos;
* 2001 – Usina da AZF em Toulouse, França: 31 mortes;
* 2002 – Atentado em discoteca em Bali, Indonésia: 202 mortos e 209 feridos;
* 2011 – Ataque em Oslo, Noruega: 8 mortos e 209 feridos;
* 2013 – Usina da West Fertilizer, EUA: 15 mortos e 160 feridos;
* 2015 – Armazém no porto de Tianjin, China: 173 mortos;
* 2017 – Tanque da Vale Fertilizantes em Cubatão, Brasil: nenhum ferido;
* 2020 – Explosão em Beirute, Líbano: 190 mortos e 6500 feridos.

Analisando os casos que ocorreram ao longo da história, fica evidente a necessidade de um controle rigoroso ao lidar com essas substâncias. De modo a evitar que ocorram acidentes, foram estabelecidas diversas normas quanto à aquisição, ao armazenamento e ao transporte do NA ao redor do mundo. No Brasil, o NA é considerado um produto químico de interesse militar (QM). Desta forma, seu gerenciamento é de responsabilidade direta do Exército, que o faz por meio da Diretoria de Fiscalização de Produtos Controlados (DFPC).

São diversas as normas no que tange ao armazenamento de NA, que é considerado como um composto explosivo pelo Exército nacional. Abaixo, foram extraídas algumas recomendações da Portaria N°42 do Comando Logístico do Exército Brasileiro, sob direção do Ministério da Defesa, que dispõe sobre procedimentos administrativos para o exercício de atividades com explosivos e produtos que contêm nitrato de amônio:

* Art. 30. A armazenagem de explosivos deve ser feita em depósitos, permanentes ou temporários, construídos para esta finalidade;
* Art. 31. A armazenagem de diferentes tipos de explosivos deve seguir o grupo de

compatibilidade previsto no anexo E;

* Art. 32. Os acessórios explosivos podem ser armazenados, no mesmo depósito, junto com explosivos, desde que atendam as quantidades máximas permitidas e estejam isolados;
* Art. 33. Não é permitida a armazenagem de explosivos, em um mesmo depósito, nas seguintes condições:

1. Com acessórios iniciadores;
2. Com pólvoras; e
3. Com fogos de artifício.

* Art. 34. Na armazenagem de explosivos as pilhas de caixas devem estar:

1. Sobre paletes; e
2. Afastadas das paredes e do teto.

* Art. 35. As instalações elétricas dos depósitos devem ter proteção anti-faísca, mediante apresentação de laudo técnico;
* Art. 36. Explosivos de diferentes empresas podem ser armazenados num mesmo depósito, desde que:

1. Os produtos estejam visivelmente separados e identificados;
2. As movimentações de entrada e saída sejam individualizadas; e
3. Atendam as regras de segurança de armazenagem previstas nesta portaria.

* Art. 37. Todo depósito de explosivos deve atender aos requisitos de segurança:

1. De área, por meio da observância às distâncias de segurança; e
2. Do produto, por meio da aplicação das medidas contra roubos e furtos, previstas no Plano de Segurança.

Em complemento às recomendações da Portaria N°42, a Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA) também indica alguns cuidados para armazenamento e transporte de NA:

* Ficar distante de produtos que possam provocar chamas, tais como madeira, fios, elétricos, fenos e demais produtos que facilitem incêndios, entre outros;
* Manter aparelhos que permitam apagar fogo nas proximidades;
* Ter pessoal de brigada de incêndios devidamente preparado e treinado;
* Apresentar câmaras de controle;
* O piso do armazém deve ser mantido limpo e seco;
* O transporte só deve ocorrer em veículos específicos e credenciados.

O transporte de NA, apesar de não exigir condições tão específicas quanto as de armazenagem, também se configura como um fator de importância. Segundo a CETESB, o modal rodoviário é o maior responsável pelo transporte de produtos perigosos no território brasileiro, representando cerca de 64,8% do total. Acidentes envolvendo o Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos (TRPP) representam um grande risco não só à saúde e segurança da população, como também ao meio ambiente, dado que se tratam de produtos químicos.

O Exército brasileiro também delimita algumas regras para os veículos que fazem o transporte de explosivos, como: ter carroceria fechada tipo baú ou equipamento tipo container; ter comunicação eficaz com a empresa responsável pelo transporte; ter sistema de rastreamento em tempo real; e um botão de pânico, com ligação direta com a empresa responsável.

* 1. **Fatores críticos envolvidos na armazenagem de NA**

De acordo com a literatura, o armazenamento de NA deve ser feito de maneira que sejam respeitadas suas condições de estabilidade. De maneira geral, os principais fatores que influenciam a estabilidade do composto são a temperatura e umidade do local em que ele se encontra. A variação destes parâmetros, aliada à negligência de ações para controlá-las, pode levar a diversas transformações químicas no composto e, consequentemente, a situações mais críticas que podem causar explosões.

Para entender melhor como ocorrem essas transformações do NA à medida que são oscilados os parâmetros de temperatura e umidade, foram estabelecidos alguns limites de acordo com dados coletados em artigos científicos:

Apesar da maioria dos problemas com NA ocorrerem em condições de altas temperaturas, um dos casos mais problemáticos é o de quando o NA passa de uma temperatura inferior a 32°C para uma igual ou superior a 32°C (por exemplo: NA estava a 27°C e passou para 33°C ao longo do dia). O ato de “passar” de temperaturas inferiores a 32°C para temperaturas iguais ou superiores a 32°C recebe o nome de “ciclo”. Quando passa por um ciclo, os grãos da NA aumentam de tamanho irreversivelmente, isto é, seus cristais não podem voltar ao tamanho original. O perigo, neste caso, ocorre quando o NA passa por 5 ciclos, o que aumenta consideravelmente sua sensibilidade a impactos, como se o produto não tivesse passado por nenhum processo de estabilização.

Outro limite de temperatura observado, no que tange ao armazenamento do NA, é quando o composto começa a atingir temperaturas superiores a 50°C. Ao atingir tais temperaturas, inicia-se um processo lento de decomposição química que leva à liberação de gases. Caso a temperatura não seja controlada, há risco de uma liberação excessiva de gases, o que, além de comprometer a utilidade do NA, pode representar risco de intoxicação e/ou explosão.

A decomposição do NA começa a ficar mais preocupante quando são atingidas temperaturas a partir dos 100°C, pois a combinação de altas temperaturas com os gases liberados – principalmente o óxido de nitrogênio – atua como catalisadora para a ocorrência de explosões. Além disso, caso o NA que se encontre nessa temperatura venha a entrar em contato com combustíveis ou materiais incompatíveis (a exemplo de metais alcalinos, ureia, sais, entre outros), o risco de explosão é elevado consideravelmente.

Os limites de umidade, por sua vez, são relativamente menos restritivos que a temperatura para o NA. O problema é que o NA é um material altamente higroscópico, então a absorção de umidade da atmosfera se dá de maneira mais rápida. Quando atinge uma umidade de 59,4%, o NA começa a sofrer um efeito de “empedramento” dos grânulos (conhecido como *caking*). Além disso, ocorre a formação de sítios de oxirredução no material e a perda de nitrogênio volatilizado na forma de óxidos (NOx) ou amônio (NH3).

Como observado, é essencial que o NA seja mantido dentro dos limites de temperatura e umidade para que permaneça estável, não se torne inutilizável e não apresente riscos de liberação de gases e explosão.

1. **TENDÊNCIAS E PERSPECTIVAS FUTURAS**

É evidente que, ao longo dos anos, a população humana vem aumentando significativamente. Segundo o site de métricas mundiais, Worldometer, de julho de 2019 a julho de 2020 foi registrado um aumento de 81,33 milhões de pessoas na população mundial. Com mais pessoas, é natural que a demanda por alimentação cresça paralelamente, o que implica dizer que a procura por fertilizantes tende a crescer cada vez mais.

Dado que o NA é um dos principais compostos utilizados como fertilizante, espera-se que a demanda por este produto acompanhe o crescimento populacional. Com isso, é possível inferir que acidentes envolvendo NA podem se tornar mais frequentes futuramente caso não sejam respeitadas as regulações impostas pelos órgãos reguladores de cada país.

Atualmente, o mercado de NA movimenta cerca de US$ 4,973 bilhões por ano considerando o cenário global. Por ter o setor de agricultura bastante presente em seu PIB, o Brasil tem uma demanda muito grande por fertilizantes. Porém, a demanda por NA, mais especificamente, é muito maior que a produção. Segundo a ANDA, o Brasil produz cerca de 500 toneladas de NA por ano, mas apenas 220 toneladas são repassadas para a agricultura, sendo o restante direcionado para a produção de explosivos. Além disso, o Brasil importa cerca de R$1,4 milhões de NA por ano, tendo a Rússia como o principal exportador para o Brasil.

Em meio à demanda cada vez mais expressiva pôr NA, e levando em conta a necessidade de cumprimento de legislações, vêm surgindo diversas empresas que oferecem soluções para armazenagem de NA e para a venda de compostos de maior estabilidade. A empresa Yara Brasil, por exemplo, vende o produto UltrAN (um NA que busca maximizar sua eficiência de detonação), que é otimizado para ser armazenado em ambientes mais úmidos. A empresa ArrMaz, por sua vez, oferece agentes de controle de porosidade para o NA, que buscam evitar o aumento do tamanho dos grãos.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ACS, 1976. **Reducing the Explosion Sensitivity of Ammonium Nitrate Fertilizer**. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/i360060a018>. Acesso em Setembro de 2020.

AGRISHOW, 2020. **Esses são os cuidados necessários com nitrato de amônio**. Disponível em: <https://digital.agrishow.com.br/gesto/esses-so-os-cuidados-necessrios-com-nitrato-de-amnio>. Acesso em Setembro de 2020.

ARRMAZ, 2020. **Agentes de controle de porosidade.** Disponível em: <https://arrmaz.com/pt‑br/produtos/nitrato‑de‑amonio‑industrial/agentes‑de‑controle‑de-porosidade/>. Acesso em Setembro de 2020.

BABRAUSKAS, Vytenis. **Explosions of ammonium nitrate fertilizer in storage or transportation are preventable accidents**. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389415301680?via%3Dihub>. Acesso em Setembro de 2020.

CCCMG, 2020. **Nitrato de amônio na agricultura: uso do fertilizante não oferece perigo.** Disponível em: <http://cccmg.com.br/nitrato-de-amonio-na-agricultura-uso-do-fertilizante-nao-oferece-perigo/>. Acesso em 9 de Setembro de 2020.

CETESB, 2005. **Relatório de atendimento a acidentes ambientais no transporte rodoviário de produtos químicos de 1983 a 2004.** Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/gerenciamento‑de‑riscos/emergências‑quimicas/266‑ relatorios-de-atendimento>. Acesso em Setembro de 2020.

DFPC, 2018. **Portaria nº42 – COLOG**. Disponível em: <http://www.dfpc.eb.mil.br/images/PORT42.pdf>. Acesso em Setembro de 2020.

FARIA, Letícia de A; 2014. **Hygroscopicity and ammonia volatilization losses from nitrogen sources in coated urea.**Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100‑06832014000300026&script=sci\_arttext&tlng=es>.

G1, 2020. **Brasil importa cerca de 1 milhão de toneladas de nitrato de amônio por ano; controle é feito pelo Exército.** Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2020/08/05/brasil‑importa‑cerca‑de‑1‑milhao‑de‑toneladas‑de‑nitrato-de-amonio-por-ano-controle-e-feito-pelo-exercito.ghtml>. Acesso em Setembro de 2020.

GLOBE NEWSWIRE, 2020. **Ammonium Nitrate Market Size Worth Around US$ 6,740.6 Mn by 2026**. Disponível em: <https://www.globenewswire.com/news‑release/2020/04/09/2014681/0/en/Ammonium-Nitrate-Market-Size-Worth-Around-US-6-740-6-Mn-by-2026.html>. Acesso em: Setembro de 2020.

HSE, 2004. **Storing and Handling Ammonium Nitrate.** Disponível em: <https://www.hse.gov.uk/pubns/indg230.pdf>. Acesso em Setembro de 2020.

IPNI, 2016. **Ammonium Nitrate.**<http://www.ipni.net/publication/nss.nsf/0/67265A0AC9302CC5852579AF0076927A/$FILE/NSS-22%20Amm%20Nit.pdf>. Acesso em 9 de Setembro de 2020.

MUNARETTI, E. **Desenvolvimento e avaliação de desempenho de misturas explosivas a base de NA e Óleo combustível**. Tese (Doutorado em Engenharia), Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

OLIVEIRA, Sueli; 2013. **Riscos associados à armazenagem e transporte de fertilizante nitrato de amônio.** Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/40831/R%20‑%20D%20‑%20SUZELI%20DE%20OLIVEIRA.pdf?sequence=2&isAllowed=y>. Acesso em Setembro de 2020.

UOL, 2020. **Momentos históricos em que o Nitrato de Amônio causou tragédia.** Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/ultimas‑noticias/bbc/2020/08/05/9‑momentos-historicos-em-que-o-nitrato-de-amonio-causou-tragedia.htm>. Acesso em Setembro de 2020.

WORLDOMETERS, 2020. **World Population.** Disponível em: <https://www.worldometers.info/world‑population/#:~:text=Growth%20Rate,‑back%20to%20top&text=Population%20in%20the%20world%20is,81%20million%20people%20per%20year>. Acesso em Setembro de 2020.

YARA, 2020. **Produção do UltrAN.**Disponível em: <https://www.yarabrasil.com.br/soluções‑quimicas‑e‑ambientais/explosivos‑civis/produção‑do‑ultran/>. Acesso em Setembro de 2020.