**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$ XXX bilhões por ano... [PARÁGRAFO SOBRE MERCADO DE NITRATO GLOBAL E NACIONAL]

Em meio à demanda cada vez mais expressiva por NA, e levando em conta a necessidade de cumprimento de legislações, vêm surgindo diversas empresas que oferecem soluções para armazenagem de NA... [PARÁGRAFO SOBRE EMPRESAS QUE OFERECEM SOLUÇÕES PARA ARMAZENAGEM DE NITRATO]

Dentre as tecnologias mais empregadas no processo de armazenagem de NA, estão... [PARÁGRAFO SOBRE TECNOLOGIAS EMPREGADAS NA ARMAZENAGEM DE NA, COMO SENSORES, MECANISMOS DE VENTILAÇÃO, CONTROLE DE TEMPERATURA, ENTRE OUTROS]

**ESPECIFICAÇÕES DO PROJETO PROPOSTO**

**PROJETOS PARA EMPRESAS (B2B)**

**Tema:** Controle de temperatura e umidade para fins de armazenamento de nitrato de amônio

**Sensores necessários:** DHT11 e LM35 (mais sensível às oscilações de temperatura)

**Problemática:** Exposição de pessoas a riscos no caso de mal armazenamento de nitrato de amônio. Historicamente, temos a ocorrência de diversos casos de explosões que fizeram várias vítimas

**TEMPERATURA E UMIDADE**

**Os sensores ficariam no localizados no armazém**

**TÓPICOS IMPORTANTES:**

* **Armazenamento de nitrato de amônio**
* **A cada 32 graus ele fica mais suscetível a se pulverizar**
* **Não pode passar de 54 gruas a temperatura do ambiente senão acontece uma decomposição termal e libera mais gases, fazendo ele ficar mais propicio a explodir**
* **59,4 % de umidade é o máximo**
* **A partir de 210 graus ele começa a se decompor**
* **O aumento na umidade pode causar o “empedramento” (caking) dos grânulos, além da formação de sítios de oxirredução no material e a perda de nitrogênio volatilizado na forma de óxidos (NOx) ou amônia (NH3).**
* **O NA trata-se de um fertilizante altamente higroscópico, com umidade crítica de aproximadamente 62%.**
* **Armazenado em barris para não ficar exposto a nenhum percentual de umidade.**
* **O nitrato de amônio é utilizado para fazer fertilizantes e existem tem 3 tipos A B C**

**O que causa o incêndio:**

O nitrato de amônio não é um combustível. Ele não queima como a gasolina, ele não queima como o óleo diesel, que podem ser explosivos. O nitrato de amônio se decompõe, e, ao se decompor, ele produz uma série de gases. Esses gases, aquecidos no calor da decomposição, se expandem rapidamente, e explodem.

**Modo de combater incêndio**:

Use grandes quantidades de água para extingui-lo, mantendo-se em um local distante e protegido. Não

utilize produtos químicos secos, CO2, halogênios ou espuma. Remova todas as fontes elétricas e

combustíveis próximos. Tentativas de abafar incêndios aumentam o risco de uma explosão, já que o

nitrato de amônio é uma fonte de oxigênio e pode detonar em ambientes confinados e com altas

temperaturas. Em situações de combate a incêndio, procurar manter o ambiente o mais ventilado

possível, deixando os gases de decomposição escapar livremente. Caso o incêndio seja generalizado, o

fogo não deve ser combatido e a área deve ser totalmente evacuada devido ao risco de explosão.

Quando possível, usar mangueiras e/ou canhões de água autônomos, sem a presença de pessoas no local.

**Casos de decomposição**

No caso de decomposição severa, jogue quantidades abundantes de água, preferivelmente com jatos de alta pressão

de água para o lugar da decomposição. Isto é particularmente importante no caso dos fertilizantes Tipo B.

No caso de decomposição menor, empenhe-se para remover o material em decomposição do monte principal e em

qualquer caso use quantidade abundante de água dirigida para o lugar da decomposição.

Sob severas condições de incêndio as aplicações de água para nitrato de amônio quente podem causar erupções de

vapor. O pessoal de combate a incêndio deve tomar todas as precauções necessárias enquanto continua jogando água no local do

incêndio.

Não use extintores químicos, espuma ou areia. Tentativas de abafar o incêndio no qual fertilizantes à base de nitrato de

amônio estão envolvidos são inúteis e potencialmente perigosas. Em particular, nunca tente abafar o incêndio com vapor.

"Sem um gatilho, como uma faísca, fogo, cordel ou espoleta, o composto não é detonado, sendo necessária temperatura extremamente alta para que uma reação explosiva aconteça."

**Histórico**

* Texas City - EUA (1997);
* São Francisco do Sul - SC (2013);
* Tianjin - China (2015);
* Cubatão - SP (2017);
* Beirute - Líbano (2020).

**Fontes:** <https://en.wikipedia.org/wiki/Ammonium_nitrate#:~:text=Ammonium%20nitrate%20has%20a%20critical,absorb%20moisture%20from%20the%20atmosphere>

<http://anda.org.br/wp-content/uploads/2018/10/Guia_Tecnico.pdf>

<http://www.mzweb.com.br/heringer/web/conteudo_pti.asp?conta=45&tipo=29616&idioma=0#:~:text=O%20NA%20trata%2Dse%20de,do%20sulfato%20de%20am%C3%B4nio%2C%20respectivamente>.

<https://www.hse.gov.uk/pubns/indg230.pdf>

<https://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/produtos/ficha_completa1.asp?consulta=NITRATO%20DE%20AM%C3%94NIO>

<https://www.osha.gov/laws-regs/standardinterpretations/2014-12-03>

<https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-06/documents/an_advisory_6-5-15.pdf>

<http://www.yarabrasil-cubatao.com.br/mda/modulos/conteudo/fertilizantes/fispq/docs/nitrato-de-amonio-fertilizantes22.01.2018.pdf>

<https://g1.globo.com/fantastico/noticia/2020/08/09/video-como-o-nitrato-de-amonio-explode-veja-reproducao-versao-miniatura-de-explosao-no-libano.ghtml>