

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

João Uirá de Azevedo Jr

SEGURANÇA NO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE EXPLOSIVOS

Taubaté – SP

2011

João Uirá de Azevedo Junior

SEGURANÇA NO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE EXPLOSIVOS

Monografia apresentada para obtenção do certificado de especialização pelo curso de engenharia de segurança do trabalho do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Taubaté.

Orientador: Prof. João Alberto Bajerl.

Taubaté – SP

2011

João Uirá de Azevedo Junior

SEGURANÇA NO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE EXPLOSIVOS

Monografia apresentada para obtenção do certificado de especialização pelo curso de engenharia de segurança do trabalho do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Taubaté.

Data:

Resultado:

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Msc.: Maria Judith M. Salgado Schimidt - Universidade de Taubaté

Assinatura: _____

Prof^º.: João Alberto Bajerl - Universidade de Taubaté

Assinatura: _____

Prof^º. Msc.: Carlos Alberto Guimarães Garcez - Universidade de Taubaté

Assinatura: _____

À minha esposa Regiane, filhos João e Ana, agradeço a compreensão por talvez não lhes ter dedicado a atenção merecida durante o período de intenso trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor João Alberto Bajerl por todo apoio fraterno e orientação dispensados a mim, desde o primeiro dia de aula e aos companheiros de caserna do Exército Brasileiro pelo braço forte e mão amiga.

RESUMO

Este trabalho é uma tentativa de enfatizar a importância do entendimento das regras básicas de segurança no transporte rodoviário de materiais explosivos. Busca-se mostrar, em consonância com as normas vigentes no Brasil, sobre transporte por via terrestre de explosivos, o desenvolvimento de procedimentos de segurança no transporte destes e assim conseguir sanar algumas dúvidas que dificultam a interpretação, tanto dos aspectos técnicos particulares como dos objetivos mais gerais das operações de tráfego de explosivos.

Palavras chaves: Explosivos. Transporte. Rodoviário. Detonação.

ABSTRACT

This work is an attempt to emphasize the importance of understanding the basic rules of safety in road transport of explosives. It attempts to show, in line with the standards in Brazil, on land transport of explosives, the development of safety procedures in the transport and thus unable to solve these doubts that complicate the interpretation of both the private and technical objectives more general traffic operations with explosives.

Keywords: Explosives. Transportation. Road. Detonation.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Calor de detonação.....	17
----------------------------------	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Símbolo de explosivo subclasses 1.1, 1.2 e 1.3.....	20
Figura 2	Símbolo de explosivo subclasse 1.4.....	21
Figura 3	Símbolo de explosivo subclasse 1.5.....	21
Figura 4	Símbolo de explosivo subclasse 1.6.....	22
Figura 5	Vista externa do caminhão baú.....	24

LISTA DE SIGLAS

ANTT Agência Nacional de Transportes Terrestres

EB Exército Brasileiro

NR Norma Regulamentadora

Contran Conselho Nacional de Trânsito

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Objetivo.....	12
2 REVISÃO DA LITERATURA	13
2.1 Aspectos Legais.....	13
3 METODOLOGIA	14
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	15
4.1 Conceito.....	15
4.2 Principais Características do Explosivo.....	15
4.2.1 Força.....	15
4.2.2 Densidade.....	16
4.2.3 Velocidade.....	16
4.2.4 Inflamabilidade.....	16
4.2.5 Estabilidade química.....	16
4.2.6 Temperatura ou calor de detonação.....	17
4.2.7 Gases.....	17
4.3 Classificação de Explosivos.....	17
4.4 Tipos de Explosivos.....	18
4.5 Classes das Substâncias Explosivas.....	19
4.6 Classe e Subclasse de Risco.....	20
4.7 Procedimentos de Segurança.....	22
5 CONCLUSÃO	25
REFERÊNCIAS	26

**Ficha catalográfica elaborada pelo
SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas / UNITAU**

A994s Azevedo Junior, João Uirá de
Segurança no transporte rodoviário de explosivos / João Uirá de
Azevedo Junior. - 2011.
30f. : il.

Monografia (especialização) - Universidade de Taubaté,
Departamento de Engenharia Civil, 2011.
Orientação: Prof. João Alberto Bajerl, Departamento de Engenharia
Civil.

1. Trabalho com explosivos. 2. Transporte de explosivos.
3. Transporte rodoviário. 4. Detonação de explosivo. I. Título.

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem por finalidade a busca do entendimento sobre os riscos no transporte rodoviário de explosivos, por isso, todos os procedimentos de segurança devem ser aplicados por ocasião de seu transporte, embarque e/ou desembarque. Isto porque tais materiais são inerentemente destinados a uma queima apenas, ou seja, uma vez iniciada a reação química (combustão), dificilmente consegue-se interrompê-la, mesmo que se considerem desprezíveis os efeitos finais.

A monografia apresenta-se assim dividida: REVISÃO DA LITERATURA, MÉTODO, RESULTADOS E DISCUSSÕES E CONCLUSÃO. Na REVISÃO DA LITERATURA, mostram-se os aspectos legais sobre o correto transporte de materiais explosivos por via terrestre. A METODOLOGIA relaciona os meios técnicos utilizados para elaboração do trabalho. Em RESULTADOS E DISCUSSÕES, encontram-se diversas considerações sobre materiais explosivos, suas classificações e simbologia empregada. Além disso, definem-se os procedimentos de segurança a serem observados no transporte rodoviário de explosivos. A CONCLUSÃO tratou de evidenciar a eficácia da utilização dos procedimentos de segurança por ocasião do transporte rodoviário de explosivos.

1.1 Objetivo

Este trabalho é a apresentação de um conjunto de procedimentos destinados a efetuar o transporte rodoviário de explosivos com segurança.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Histórico

A descoberta da pólvora foi o primeiro passo para o desenvolvimento dos produtos conhecidos hoje como explosivos. Inicialmente utilizada pelos chineses como pirotécnico passou com algumas modificações a propelente de projéteis e armamentos em geral. No fim da idade média (por volta de 1354 D.C.), na Europa, o monge Shwartz obteve mistura explosiva semelhante a dos chineses, que foi em seguida sendo adotada e aplicada, em suas diversas formas e variações, para fins bélicos.

O segundo passo foi dado em 1847 com a descoberta da nitroglicerina pelo italiano Ascanio Sobreno. Foi uma verdadeira revolução, pois este preparado oferecia um poder de explosão muitas vezes maior que o da pólvora. Porém era muito perigoso quando submetido a movimentos bruscos ou atrito, fato que limitava as condições de segurança em seu manuseio. Em 1863 o sueco Alfred Nobel superou este inconveniente adicionando diatomácea a nitroglicerina. Produzindo desta forma a dinamite: explosivo potente que oferecia ao mesmo tempo boas condições de segurança.

A casualidade por outro lado, em 1923, na cidade alemã de Oppau, deu existência industrial a outro membro da família dos explosivos, quando ao tentar-se dinamitar uma partida de Nitrato de Amônio que havia empedrado pela ação da umidade provocou-se enorme explosão. De outro acidente nasceu o ANFO, mistura de nitrato de amônio e óleo diesel, quando o choque entre dois navios, carregando os dois produtos, resultou em incêndio seguido de violenta explosão que arrasou o Porto do Texas nos Estados Unidos.

Completando a família dos explosivos nasceram em 1958 as Lamas Explosivas: mistura em proporção adequada de nitrato de amônio, óleo diesel, água e outros produtos tais como pó de alumínio, goma, bórax; que pela enorme quantidade de energia útil desenvolvida, apresentam grande capacidade de trabalho na ruptura de rocha e materiais duros em geral.

2.2 Aspectos Legais

No Brasil, as normas que tratam especificamente sobre o tráfego de materiais controlados, especialmente o transporte rodoviário de explosivos, objeto do estudo, tem como principal fonte de consulta o regulamento para a fiscalização de produtos controlados (R-105), aprovado pelo decreto número 3.665, de 20 de novembro de 2000 e na norma regulamentadora número 19 que complementa a lei número 6.514, de 22 de dezembro de 1977.

Neste trabalho, denominam-se os materiais controlados, com relação às operações de transporte, como sendo “todo aquele que invariavelmente precisa de métodos diferenciados em relação a outros produtos para segurança dele próprio, bem como os riscos à saúde e impacto potencial ao meio ambiente durante as operações de transporte”, (Ministério da Defesa, 2000).

3 METODOLOGIA

Para elaboração deste trabalho foram consultadas portarias emitidas pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) e Exército Brasileiro (EB), regulamentos, portarias e normas técnicas referentes ao assunto e experiência do autor em treinamentos realizados na área de explosivos, bem como visitas técnicas à empresas de materiais controlados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Conceito

Explosivo é toda substância ou mistura capaz de reagir quimicamente quando devidamente iniciado, originando uma reação rápida desenvolvendo grande quantidade de liberação de calor e desenvolvimento súbito de pressão, (R-105, 1999).

4.2 Principais Características do Explosivo

Para a realização do transporte de qualquer material explosivo é necessário conhecer as principais características básicas de cada explosivo, tais como:

- Força;
- Densidade;
- Velocidade;
- Inflamabilidade;
- Estabilidade química;
- Temperatura ou calor de detonação;
- Gases.

4.2.1 Força

Nos explosivos, a força significa o conteúdo de energia que o explosivo representa como indicador de potência desenvolvida e a capacidade de realizar trabalho. No decorrer do transporte terrestre, essa propriedade é importante porque quantifica o raio de área a ser afetada em caso de acidente.

4.2.2 Densidade

É a medida do poder de propagação, isto é, suficiência da sensibilidade para iniciar uma detonação. No transporte terrestre, a arrumação da carga deve se relacionar com a sensibilidade do explosivo.

4.2.3 Velocidade

A velocidade é medida, em metros por segundo, e representa a rapidez com que a onda de detonação se propaga por intermédio da coluna de explosivo. Com velocidades estimadas entre 8000 a 9000 metros por segundo. À medida que essa velocidade aumenta, o explosivo geralmente produz maior efeito de fragmentação em materiais duros. A força densidade também afeta a ação de fragmentação, de modo que todas estas propriedades devem ser consideradas na operação de transporte.

4.2.4 Inflamabilidade

Refere-se à facilidade com que o material explosivo pode ser queimado. No caso dos explosivos pirotécnicos, pode variar desde alguns tipos que entram facilmente em ignição e queimam de forma violenta até aqueles que não mantêm combustão, a menos que lhe seja aplicada uma chama externa contínua.

4.2.5 Estabilidade química

Pode ser explicada como sendo a capacidade que o explosivo possui para se manter quimicamente inalterado durante certo tempo. Esta estabilidade pode diminuir bastante quando se verifique um prolongado tempo de armazenamento em locais de deficiente ventilação originando sua inutilização.

4.2.6 Temperatura ou calor de detonação

Pode ser descrito como sendo a temperatura máxima a que são levados os gases produzidos pela decomposição explosiva por força do calor de combustão, mostrado na Tabela 1. É constante para qualquer quantidade de massa explosiva.

Tabela 1: Calor de detonação.

Explosivo	Calor [Kcal/kg]
Nitroglicerina	1580
Nitrocelulose	1100
Ácido pícrico	810
Pólvora negra	685
Nitrato de amônio	630

Fonte: Ministério da Defesa, 2000.

4.2.7 Gases

Os gases resultantes da detonação de explosivos são principalmente o dióxido de carbono (CO₂), nitrogênio (N) e vapor de água, que em princípio não são tóxicos, mas, além desses gases, podem ser encontrados gases venenosos, como monóxido de carbono (CO) e dióxido de enxofre (SO₂). Quanto à quantidade de gases podem variar conforme os diferentes tipos de explosivos.

4.3 Classificações de Explosivos

Os principais explosivos classificam-se em:

- a) Primários – Os explosivos primários ou iniciadores são todos aqueles que ao menor contato com a chama (detonadores pirotécnicos), com fio quente (detonadores elétricos), ou submetido ao efeito de choque (cápsulas de iniciação) entram em regime de detonação.

- b) Secundários – Os explosivos secundários não detonam normalmente, se não forem fortemente iniciados, pelos primários, colocados em presença de chama apresentam combustão lenta. Entretanto em situações específicas e acidentais, acumulações exageradas em confinamento podem gerar pressões elevadas de detonação.
- c) Explosivos para fins industriais – São constituídos por misturas físicas e químicas de diversos componentes, sendo os mais conhecidos as dinamites originadas de nitroglicerina, nitrocelulose e outras. Possuindo velocidades de detonação da ordem de 6000 metros por segundo.

4.4 Tipos de Explosivos

Os principais tipos de explosivos usados são:

- Pólvora negra ou seca – Mistura de salitre (63 a 77%), carvão (8 a 20%) e enxofre (8 a 20%). Temperatura de detonação de 270 a 320°C, sob tais condições: Choques violentos, corpo de ignição, fricção e centelha elétrica.
- Nitroglicerina – Obtida pela nitração da glicerina, líquido altamente sensível a vibrações. Gera um volume de gases de até 18.000 vezes maior que o volume inicial e velocidade de transformação de 7.700 metros por segundo.
- Dynamite – Explosivo potente composto por nitroglicerina dissolvida em elementos absorventes tais como serragem, argila, farinhas, com o objetivo de possibilitar o manuseio com segurança. Condições para inflamação: em contato com o corpo de ignição; sob ação de choques violentos; centelha elétrica. Gera um volume de gases de até 1.000 vezes maior que o volume inicial. Velocidade de transformação: até 6.500 metros por segundo.
- Estopim – Pólvora negra envolvida por camadas de tecido de fios de juta e algodão, revestido com material a prova d'água. Tem a finalidade de transmitir uma chama com velocidade de 130 metros por segundo.

- Esopoleta Simples – Cargas de iniciação composta por uma mistura de azida de chumbo e estifinato de chumbo e uma carga de nitropenta contidas em pequenos cilindros de cobre ou alumínio de 25 a 50 milímetros.
- Cordel detonante – Estopim explosivo para a iniciação de cargas de detonação. Detona a uma velocidade de 7.000 metros por segundo.
- Esopoleta elétrica – Resistência elétrica envolta em pólvora negra colocada junto a um explosivo primário sensível a chama.
- Nitrocelulose – Composto obtido basicamente da trinitração da celulose, muito usado na fabricação de detonadores elétricos e seu aspecto assemelha-se ao algodão ou a um líquido gelatinoso ligeiramente amarelo ou incolor com odor de éter.
- Trinitrotolueno (TNT) – É preparado a partir da nitração do tolueno, possui coloração amarelo pálido, sofre fusão a 81°C e detona a uma velocidade de 6940 metros por segundo.
- Nitrato de amônio – Produto químico largamente utilizado como fertilizante agrícola. São seguros, detonam com escorva, necessitam de uma iniciação através de cartucho de alto explosivo para serem detonados.
- ANFO (ammonium nitrate + fuel oil) – Nenhuma resistência à água, baixa densidade, baixa velocidade de detonação, baixo custo e precisam de escorva.
- Granulados – Explosivos em forma de grãos, geralmente com carbonitratos como explosivo básico e que exigem alto explosivo para que ocorra a detonação. Embalagens plásticas de 25 kilogramas.

- Lamas explosivas – Consistência de uma pasta fluída, sensibilizados por nitroglicerina. Apresenta como característica principal água em sua fórmula. Alta densidade com elevada razão linear de carregamento. Alta resistência à água.

3.5 Classes das Substâncias Explosivas:

a) Materiais classe A (aumento lento de pressão):

- Pós metálicos: antimônio, cádmio, cromo, ferro.
- Pós diversos: negro de fumo, antracita, café, grafite.
- Vapores: 1,2-dicloroetano.

b) Materiais classe B (aumento médio de pressão):

- Pós metálicos: ferro puro, manganês, zinco.
- Pós de grãos: farinhas, cereais, cacau, alfafa, etc.
- Pós plásticos: acetato de celulose, polietileno, vinil.
- Pós diversos: carvão betuminoso, cortiça, medicamentos.

c) Materiais classe C (aumento rápido de pressão):

- Pós metálicos: alumínio, magnésio, titânio, zircônio.
- Vapores e gases: acetona, metiletilcetona, hidrogênio, etc.

3.6 Painéis de Segurança

A resolução do Ministério dos Transportes No 204, de 20 de maio de 1997 ainda trata, a partir do item 7.3 (Identificação de Unidades de Transportes), dos painéis de segurança que os veículos que transportam produtos perigosos devem portar.

Os painéis de segurança devem ter o número das Nações Unidas e o número de risco do produto transportado, apostos em caracteres negros, não menores que 65mm, num painel retangular de cor laranja, com altura não inferior a 140mm e comprimento mínimo de 350mm, com uma borda preta de 10mm. Na parte

superior desses painéis estão grafados números que representam os riscos associados ao produto transportado de acordo com sua classe e, na inferior, encontramos o número da ONU - Organização das Nações Unidas referente ao produto.

O objetivo da padronização da sinalização de segurança é o de facilitar a identificação dos produtos perigosos nas atividades de transporte rodoviário e, com isso, permitir maior agilidade e eficácia nas ações necessárias ao controle de situações acidentais. Na figura 1 é apresentado o modelo para o painel de segurança.



Figura 1 Painel de segurança.

Fonte: ANTT, 1997.

3.7 Classe e Subclasse de Risco

Os explosivos em nível de transporte formam a classe 1, esta se subdivide em subclasses, cuja a aplicação acontece de acordo com o tipo e nível de risco que representa. As subclasses de risco vão de 1.1 a 1.6. No transporte de explosivos, a figura de uma bomba explodindo por si só conota perigo, e mesmo assim, um grande número de operadores não sabe distinguir o que representa este símbolo.

A subclasse 1.1 corresponde aos materiais com potencial de risco de explosão em massa capaz de afetar toda a carga instantaneamente. Na subclasse 1.2 inserem-se os materiais explosivos com risco de projetar fragmentos, mas sem risco de explosão em massa. Na subclasse 1.3 inserem-se os materiais explosivos com riscos leves de fogo, explosão e projeção, segundo a NBR 7500.

Nas operações de transporte rodoviário de explosivos 1.1, 1.2 e 1.3, aplica-se o mesmo símbolo de risco conforme Figura 2.



Figura 2 Símbolo de explosivo subclasses 1.1, 1.2 e 1.3.

Fonte: NBR7500, 2009.

A subclasse 1.4 que corresponde aos materiais explosivos insensíveis que não representam risco significativo em relação à iniciação durante o transporte rodoviário, aplica-se a simbologia conforme Figura 3.



Figura 3 Símbolo de explosivo subclasse 1.4.

Fonte: NBR7500, 2009.

A subclasse 1.5 que corresponde aos materiais explosivos com características muito insensíveis e com risco de iniciação durante condições normais de transporte de probabilidade muito baixa, aplica-se o símbolo conforme Figura 4.



Figura 4 Símbolo de explosivo subclasse 1.5.

Fonte: NBR7500, 2009.

A subclasse 1.6 que corresponde aos materiais explosivos com elevado grau de insensibilidade e que não oferecem nenhum risco de explosão em massa. No transporte deste tipo de material aplica-se o símbolo conforme a Figura 5.



Figura 5 Símbolo de explosivo subclasse 1.6.

Fonte: NBR7500, 2009.

3.8 Procedimentos de Segurança

Após estudo e análise das normas vigentes no país, foi elaborado um conjunto de procedimentos que deve ser observado pelos profissionais envolvidos no transporte rodoviário de explosivos:

- Os caminhões destinados ao transporte de munições, pólvoras e explosivos, antes de sua utilização, serão vistoriados para exame de seus circuitos elétricos, freios, tanques de combustível, estado da carroçaria e dos extintores de incêndio, assim como verificação da existência de quebra chamam no tubo de descarga e ligação metálica da carroceria com a terra; (C=119.207-8 I=30)

- O motorista deve possuir, além das qualificações e habilitações impostas pela legislação de trânsito, treinamento específico segundo programa aprovado pelo Contran, ter mais de vinte e um anos de idade e dois anos de experiência no transporte de cargas, devidamente comprovados junto ao Ministério dos Transportes, ser fisicamente capaz, cuidadoso, merecedor de confiança, alfabetizado e não estar habituado a qualquer tipo de droga ou medicamento que possa lhe diminuir os reflexos;
- A estopa a ser levada no caminhão será a indispensável e a que for usada deverá ser jogada fora; (C=119.209-4 I=3)
- A carga explosiva deverá ser fixada, firmemente, no caminhão e coberta com lona impermeável, não podendo ultrapassar a altura da carroçaria; (C=119.054-7 I=4)
- É proibida a presença de pessoas nas carroçarias dos caminhões que transportem explosivos ou munições, sendo ainda vedado o transporte de passageiros ou pessoas não autorizadas nas cabines;
- Durante a carga e descarga, os caminhões serão freados, calçados e seus motores desligados;
- Quando em comboios, os caminhões manterão, entre si, uma distância de, aproximadamente 80 (oitenta) metros; (C=119.211-6 I=3)
- A velocidade de um caminhão, carregado com explosivos, pólvoras ou munições, não poderá ultrapassar oitenta por cento do limite da velocidade prevista, tendo como limite máximo oitenta quilômetros por hora e, em situações de aglomeração, o limite máximo passa a ser sessenta quilômetros por hora;

- As cargas e as próprias viaturas deverão ser inspecionadas durante as paradas horárias, previstas para os comboios ou viaturas isoladas, em locais afastados de habitações;
- As travessias de passagens de nível das estradas de ferro devem ser realizadas com total segurança;
- O transporte de explosivos ou munições será regulamentado em normas complementares a serem expedidas pelos órgãos competentes;
- O veículo que transporta explosivo ou munição deverá estar permanentemente sob vigilância do motorista ou seu ajudante qualificado;
- Nos casos de panes nos caminhões, estes não poderão ser rebocados, devendo a carga ser baldeada com prévia colocação de sinalização na estrada;
- No desembarque, os explosivos e munições não poderão ser empilhados nas proximidades dos canos de descarga dos caminhões;
- Durante o abastecimento de combustível, os circuitos elétricos de ignição deverão estar desligados;
- Os caminhões, depois de carregados, não ficarão nas áreas ou proximidades dos paióis e depósitos; (C=119.066-0 I=4)
- Em transportes de explosivos serão usadas bandeirolas vermelhas e afixados painéis nos lados e atrás dos caminhões avisos visíveis com os dizeres: "CUIDADO! CARGA PERIGOSA.", conforme a Figura 5;

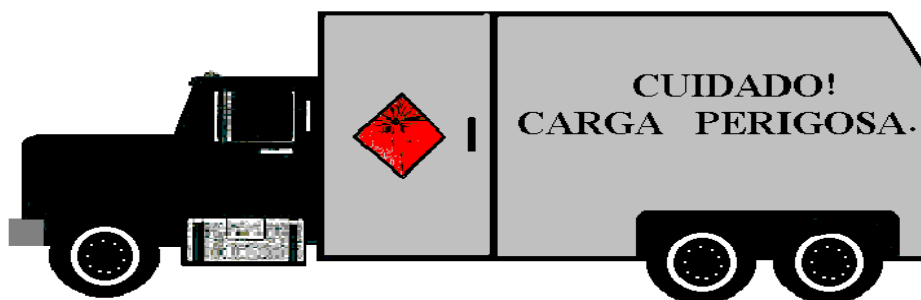


Figura 6 Vista externa do caminhão baú.

Fonte: R-105, 1999.

- Os caminhões carregados não poderão estacionar em garagens, postos de abastecimento, depósitos ou lugares onde haja maior probabilidade de propagação de chama;
- Em caso de acidente no caminhão ou colisão com edifícios ou viaturas, a primeira providência será a retirada da carga explosiva, a qual deverá ser colocada a uma distância mínima de sessenta metros do veículo ou de habitações;
- Em casos de incêndio em caminhão que transporte explosivos, procurar-se-á interromper o trânsito e isolar o local; (C=119.068-7 I=4)

Serão respeitadas, ainda, todas as prescrições gerais aplicáveis aos transportes de munições, pólvoras, explosivos e artifícios pirotécnicos, por via rodoviária.

5 CONCLUSÃO

Conclui-se que os procedimentos apresentados colaboram para um transporte rodoviário seguro de materiais explosivos.

REFERÊNCIAS

BRASIL. ABNT. NBR-7500/2009 – Identificação para o transporte terrestre, manuseio, movimentação e armazenamento de produtos.

BRASIL. Resolução ANTT nº 420, Brasília: 12 de fevereiro de 2004.

BRASIL. Decreto-Lei nº 3.665, Brasília: 20 de novembro de 2000.

BRASIL. R-105 Regulamento para fiscalização de produtos controlados, Ministério da Defesa, Exército Brasileiro, Brasília: 23 de março de 1999.

BRASIL. Resolução ANTT nº 204, Brasília: 20 de maio de 1997.

BRASIL. Decreto-Lei nº 6.514, Brasília: 22 de dezembro de 1977.