

Sistema
FIERGS
SESI | SENAI | IEL | CIERGS

**Instituto SENAI de
Inovação em Engenharia
de Polímeros**

**Elastômeros Sustentáveis:
Redução de Substâncias
Restritivas e Inovação em
Formulação**

24/04/2026

Agenda

- 1 Legislações e Barreiras Técnicas
- 2 RoHs - Restriction of Hazardous Substances
- 3 REACH – Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals
- 4 ANVISA – Resolução da Diretoria Colegiada
- 5 Substâncias Restritas em Elastômeros
- 6 Ambiente Ocupacional
- 7 LINACH - Lista Nacional de Agentes Cancerígenos para Humanos
- 8 IARC - Agência Internacional para a Investigação do Câncer

Legislações e Barreiras Técnicas

- Em 27 de Janeiro de 2003, o Parlamento Europeu e o Conselho Europeu aprovaram duas diretivas:

WEEE

Waste
Electrical and
Electronic
Equipament

RoHs

Restriction
on the use of
Hazardous
Substances

Legislações e Barreiras Técnicas

WEEE

Entrou em vigor em
01/01/2006



Diminuir a quantidade de lixo eletrônico que chega ao aterros

RoHs

Entrou em vigor em
01/07/2006



Evitar ou diminuir a quantidade de produtos tóxicos que ingressam na UE

Restrição de produtos tóxicos em matérias-primas e produtos manufaturados

Legislações e Barreiras Técnicas

■ RoHs – Motivo da Implementação



Área de descarte de eletrônicos em Acra, capital de Gana, na África (2020)

- Produção de 9,7 milhões de toneladas de lixo eletrônico pelos países da UE (2004);
- Projeção de geração do dobro da produção de lixo a cada 10 anos;
- Degradação do meio ambiente;
- Desperdício de recursos;
- Evitar a exportação de lixo tóxico para países emergentes.

Estudos indicam que a RoHS ajudou a **reduzir em cerca de 2/3** a quantidade de substâncias restritas nos equipamentos colocados no mercado da UE entre 2003 e 2016.

Legislações e Barreiras Técnicas

■ RoHs – Restriction of Hazardous Substances

- Diretiva europeia que regulamenta a importação para União Europeia de matérias-primas e produtos manufaturados, restringindo o uso de **10 substâncias perigosas**, dentre elas:

- **Metais Pesados – RoHs 1 (2006)**

- Chumbo
- Cádmio
- Mercúrio
- Cromo VI

- **Retardantes de Chamas – RoHs 1 (2006)**

- Bifenilas Polibromadas (PBB)
- Éteres de Bifenilas Polibromadas (PBDE)

- **Plastificantes Ftalatos – RoHs 3 (2019)**

- Di(2-etilhexil)ftalato (DEHP) / Dioctilftalato (DOP)
- Ftalato de benzila e butila (BBP)
- Ftalato de dibutila (DBP)
- Ftalato de di-isobutila (DIBP)

RoHs 2 (2013) – reformulação para inclusão do selo de conformidade.

Legislações e Barreiras Técnicas

■ RoHs – Lista de Substâncias Perigosas

| Substância | Limites Aceitáveis | Toxicidade | |
|---|-----------------------|--|---|
| | | Humanos | Meio Ambiente |
| Chumbo | < 0,1% (1000 ppm) | Atinge o sistema nervoso central Sistema cardiovascular | Acumulativo e efeitos altamente tóxicos em animais, plantas e microorganismos |
| Cádmio | < 0,01% (1000 ppm) | Carcinogênico Ataca rins e fragilidade óssea | Bioacumulativo, tóxico e resistente à decomposição |
| Mercúrio | < 0,1% (100 ppm) | Atinge o sistema nervoso central Características acumulativas | Acumulativo pelos organismos vivos |
| Cromo VI | < 0,1% | Genotóxico e alérgico | Facilmente absorvido pelas células e apresenta efeito tóxico |
| Bifenilas e Éteres de Bifenilas Polibromadas | < 0,1% (1000 ppm) | Possivelmente carcinogênico Podem causar danos ao fígado | Bioacumulativos e persistentes no solo e organismos aquáticos |
| Plastificantes Ftalatos | < 0,1% (1000 ppm) | Desregulador endócrino Podem causar infertilidade e problemas hormonais | Podem prejudicar o desenvolvimento e reprodução de organismos aquáticos |

Legislações e Barreiras Técnicas

- **REACH – Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals**
 - É um regulamento da União Europeia que visa proteger a **saúde humana e o meio ambiente** contra os riscos de substâncias químicas;
 - Exige que as empresas se responsabilizem no registro e avaliação sobre a segurança de seus produtos químicos fabricados para importação para União Europeia;
 - Proposta feita ao Parlamento Europeu em 29/10/2003, entrando em vigor em 2007;
 - Controlar a importação, comercialização e uso de 30.000 substâncias químicas e seus derivados;
 - Restringir o uso de 3.600 substâncias químicas e seus derivados;
 - Matéria prima ou produtos manufaturados **sem registro** não poderão ser comercializados na União Européia.

Legislações e Barreiras Técnicas

- **REACH – Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals**
 - **Registro:**
 - Fabricante ou importador de produtos acima de 1 tonelada;
 - Agência Europeia dos Produtos Químicos (ECHA);
 - **Avaliação:**
 - Riscos a saúde humana ou ao meio ambiente;
 - **Autorização:**
 - Necessária para substâncias de alta preocupação (SVHCs);
 - **Restrições:**
 - Substâncias proibidas ou que apresentam limites máximos permitidos;

Legislações e Barreiras Técnicas

- **REACH – Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals**
 - **SVHCs – Substances of Very High Concern**
 - Substâncias de alta preocupação (restrições) – anexo XIV;
 - Necessidade de **autorização** para importação e comercialização (cerca de 60 substâncias);
 - Lista de 247 substâncias candidatas;
 - Definido através de critérios em razão de seu potencial de causar efeitos graves à saúde humana ou ao meio ambiente;
 - Inclusão do n-hexano (última atualização 04/02/26);
 - **Substâncias Proibidas**
 - Proíbe ou limita a fabricação ou importação para UE – anexo XVII;

<https://chem.echa.europa.eu/activity-lists/authorisationProcess?searchText=>
<https://www.echa.europa.eu/substances-restricted-under-reach>

Legislações e Barreiras Técnicas

- **REACH – Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals**
 - **SVHCs – Substances of Very High Concern**

| Substância | Limites Aceitáveis | Toxicidade | |
|---|---------------------------------|---|---|
| | | Humanos | Meio Ambiente |
| Metais Pesados Chumbo, Cádmio, Arsênio, Mercúrio | Cádmio < 0,01% Demais < 0,1% | Podem atacar o sistema nervoso, carcinogênicos (Arsênio e Cromo) | Acumulativo e efeitos tóxicos em animais, plantas e microorganismos |
| Plastificantes Ftalatos | < 0,1% | Desreguladores endócrinos Podem causar infertilidade e problemas hormonais | Podem prejudicar o desenvolvimento e reprodução de organismos aquáticos |
| Parafinas Policloradas (C10-C13) | < 0,1% | Podem causar danos ao fígado e rins, causar infertilidade | Bioacumulativos e persistentes Tóxicos para organismos aquáticos |
| N-Nitrosaminas | < 10µg/kg | Potencial carcinogênico Podem causar danos fígado e rins | Geralmente são suscetíveis a degradação no ambiente |
| Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (PAHs) | < 10mg/kg < 1mg/kg B[a]P | Potencial carcinogênico Podem causar danos no pulmão, bexiga e esôfago | Bioacumulativos e persistentes Tóxicos para organismos aquáticos |
| n-hexano | < 0,1% | Podem atacar sistema nervoso, respiratório, irritação na pele e olhos | Risco se houver derramamento Não é considerado persistente |

<https://chem.echa.europa.eu/activity-lists/authorisationProcess?searchText=>

Legislações e Barreiras Técnicas

- **REACH – Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals**
 - **Proibições (Substâncias cancerígenas)**
 - Benzeno;
 - Asbestos;
 - Cloreto de vinila como propelente em aerossóis;
 - Atrazina (herbicida);
 - Decabromodifenil éter (decaBDE);
 - Entre outros (anexo XVII da RECH).

<https://www.echa.europa.eu/substances-restricted-under-reach>

Legislações e Barreiras Técnicas

■ ANVISA – Resoluções da Diretoria Colegiada (RDC'S)

■ RDC 123 de 19 DE JUNHO DE 2001

- Estabelece lista positiva de monômeros e outras matérias-primas que podem ser utilizados na fabricação de elastômeros destinados a entrar em contato com alimentos;
- Aplica-se a vedações, mangueiras, luvas, tubos e outros equipamentos de borracha na produção, armazenamento e comercialização de alimentos;
- Não é permitido o uso de material reciclado para a produção de elastômeros destinados a entrar em contato com alimentos;
- A migração total não deve exceder 50 mg/kg - RDC 51 de 26/11/2010;
- Exemplos da lista positiva:
 - Negro de fumo (limite permitido de 2,5% m/m) – RDC 52 de 26/11/2010;
 - Aceleradores de vulcanização (limite permitido de 1,5 % m/m).

Substâncias Restritas

■ Metais Pesados

■ Restritos pela RoHS e REACH

- Chumbo (Pb), Cádmio (Cd), Mercúrio (Hg) e Cromo VI (Cr⁺⁶)
- Arsênio (As) – REACH

■ Aplicação

- Dificilmente encontrado em artefatos borracha, eventualmente como contaminante da matéria-prima

■ Limites Permitidos

- 0,1% m/m – Pb, Hg e Cr⁺⁶
- 0,01% m/m – Cd

<https://chem.echa.europa.eu/activity-lists/authorisationProcess?searchText=>

Substâncias Restritas

■ Metais Pesados



ICP-OES



UV-Vis

- Toxicidade:
 - Podem atacar o sistema nervoso
 - Carcinogênicos (As e Cr⁺⁶)
- Análises:
 - Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado – ICP-OES
 - Espectroscopia de Ultravioleta – Visível – UV-Vis
- Normas:
 - IEC 62321-5: 2013
 - DIN EN 11:22: 2002
 - ASTM E1645: 2021

Substâncias Restritas

■ Ftalatos

■ Restritos pela RoHs e REACH

- Di(2-etilhexil)ftalato) (DEHP) / Dioctilftalato (DOP), Ftalato de benzila e butila (BBP), Ftalato de dibutila (DBP), Ftalato de di-isobutila (DIBP) - RoHs
- DEHP / DOP, BBP, DBP, DIBP, DMEP, DIHP, DHNUP, DHP, DHP e DIUP – REACH

■ Aplicação

- Geralmente utilizados como plastificante na composição de elastômeros

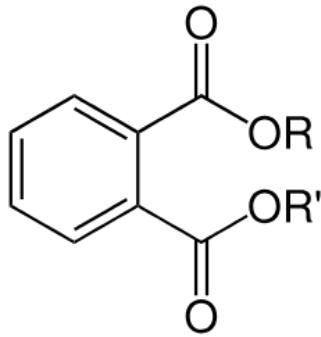
■ Limites Permitidos

- 0,1% m/m

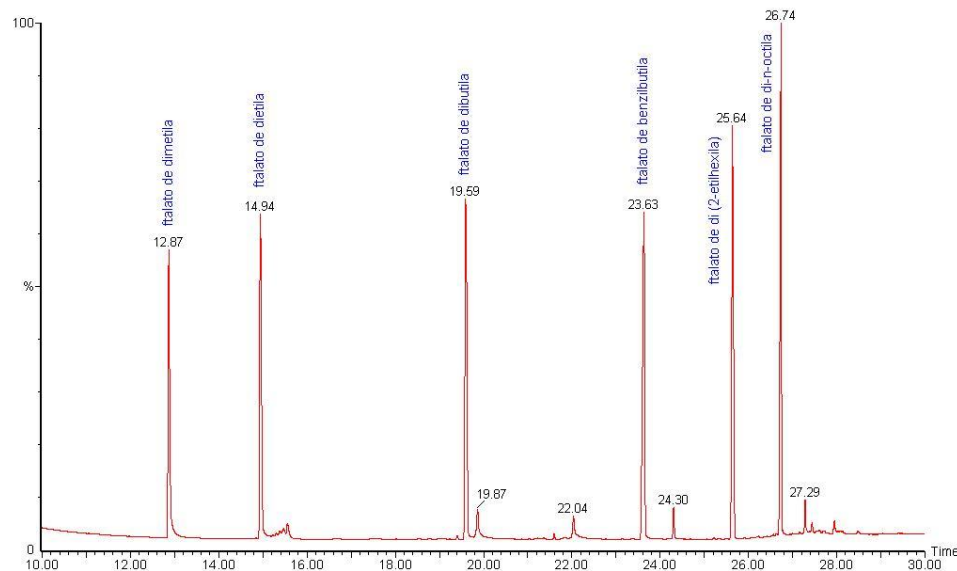
<https://chem.echa.europa.eu/activity-lists/authorisationProcess?searchText=>

Substâncias Restritas

■ Ftalatos



Estrutura química dos Ftalatos



Cromatograma obtido por GC-FID

- Toxicidade:
- Desregulador endócrino
- Podem causar infertilidade e problemas hormonais
- Análise:
- Cromatografia a Gás com Detector por Espectrometria de Massas – GC-FID ou Detector por Ionização de Chama (FID)
- Normas:
- ABNT NBR 16040: 2020
- BS EN 14372: 2004
- IEC 62321-8: 2017

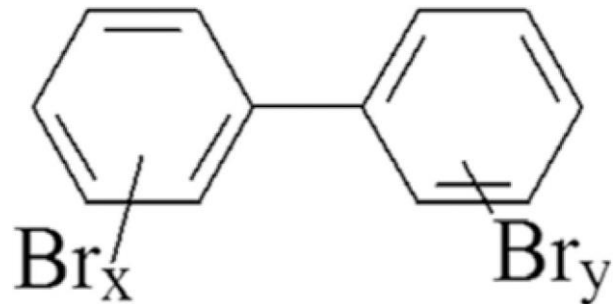
Substâncias Restritas

- **Bifenilas e Éteres de Bifenilas Polibromadas**
 - Restritos pela RoHs e REACH
 - Pentabromodifenil éter (pentaBDE), Octabromodifenil éter (octaBDE), Decabromodifenil éter (decaBDE) e Bifenilas polibromados.
 - Proibidos
 - Decabromodifenil éter (decaBDE)
 - Aplicação
 - Utilizados no passado como retardante de chamas em espumas de poliuretano
 - Dificilmente encontrado em artefatos borracha
 - Limites Permitidos
 - 0,1% m/m

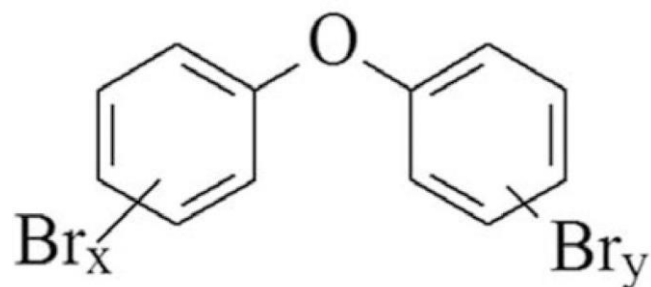
<https://chem.echa.europa.eu/activity-lists/authorisationProcess?searchText=>

Substâncias Restritas

■ Bifenilas e Éteres de Bifenilas Polibromadas



Bifenilas Polibromadas



Éteres de Bifenilas Polibromadas

- Toxicidade:
- Possivelmente carcinogênico
- Podem causar danos ao fígado

- Análise:
- Cromatografia a Gás com Detector por Espectrometria de Massas – GC-MS

- Norma:
- EN 62321:2015 (Parte 6)

Substâncias Restritas

■ Parafinas Policloradas

■ Restritos pela REACH

- Parafinas Policloradas de Cadeia Curta (SCCP) – C10 a C12

■ Aplicação

- Utilizados como retardante de chamas em mangueiras e correias transportadoras

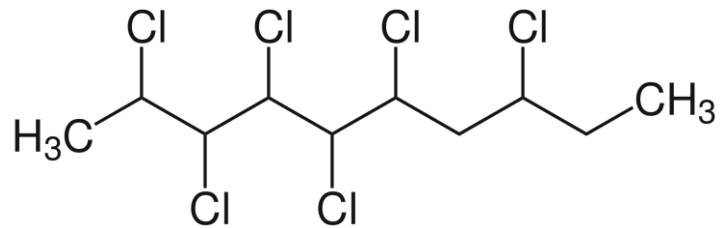
■ Limites Permitidos

- 0,1% m/m

<https://chem.echa.europa.eu/activity-lists/authorisationProcess?searchText=>

Substâncias Restritas

■ Parafinas Policloradas



Parafina clorada de cadeia curta (61% Cl em peso)

- Toxicidade:
 - Podem causar danos ao fígado e rins
 - Podem causar infertilidade
- Análise:
 - Cromatografia a Gás com Detector por Espectrometria de Massas – GC-MS
- Normas:
 - ISO 22818: 2021
 - EN IEC 62321-14: 2025

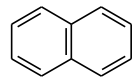
Substâncias Restritas

- **Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (PAHs)**
 - Restritos pela REACH
 - Benzo[a]pireno (BaP), Benzo[e]pireno (BeP), Benzo[a]antraceno (BaA), Criseno (CHR), Benzo[b]fluoranteno (BbF), Benzo[j]fluoranteno (BjF), Benzo[k]fluoranteno (BkF) e Dibenzo[a,h]antraceno (DBA) – 8 compostos
 - Origem
 - Podem ser encontrados em matérias-primas de origem do petróleo, óleos minerais não refinados, negro de fumo, entre outros
 - Limites Permitidos
 - 1mg/kg - Benzo[a]pireno (BaP)
 - 10mg/kg – Soma do 8 PAHs

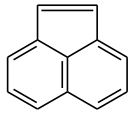
<https://chem.echa.europa.eu/activity-lists/authorisationProcess?searchText=>

Substâncias Restritas

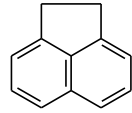
■ Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (PAHs)



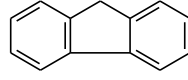
NAFTALENO



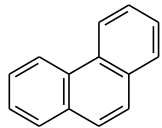
ACENAFTILENO



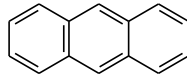
ACENAFTENO



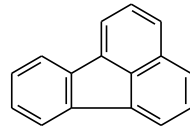
FLUORENO



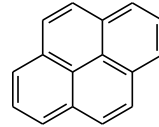
FENANTRENO



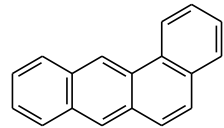
ANTRACENO



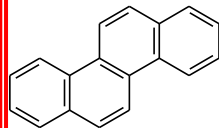
FLUORANTENO



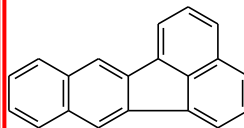
PIRENO



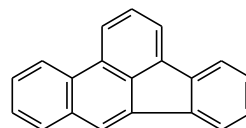
BENZO[*a*]ANTRACENO



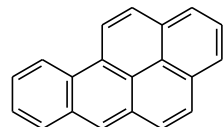
CRISENO



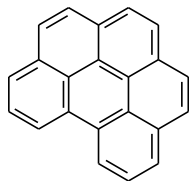
BENZO[*k*]FLUORANTENO



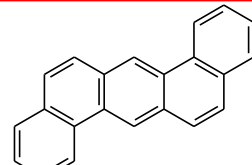
BENZO[*b*]FLUORANTENO



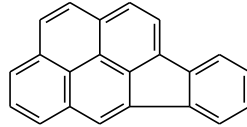
BENZO[*a*]PIRENO



BENZO[*g,h,i*]PERILENO



DIBENZO[*a,h*]ANTRACENO



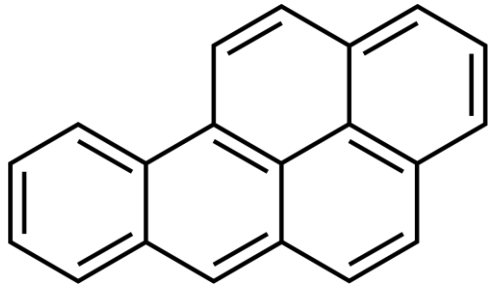
INDENO[*1,2,3-cd*]PIRENO

- Estrutura química:
- Composto que possuem 2 ou mais anéis aromáticos
- Análise:
- Cromatografia a Gás com Detector por Espectrometria de Massas – GC-MS
- Normas:
- IP 346: 2004
- ISO 21461: 2009
- AFPS GS 2019: 01

Lista dos 16 compostos Prioritários pela USEPA

Substâncias Restritas

■ Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (PAHs)



Benzo[a]pireno

- Toxicidade:
- Carcinogênico (Benzo[a]pireno)
- Podem causar danos no pulmão, bexiga e esôfago

Substâncias Restritas

■ N-Nitrosaminas

■ Restritos pela REACH

- N-Nitrosodimetilamina (NDMA), N-Nitrosodietilamina (NDEA), N-Nitrosodi-n-propilamina (NDPA), N-Nitrosodi-n-butilamina (NDBA), N-Nitrosopiperidina (NPIP), N-Nitrosopirrolidina (NPYR), N-Nitrosomorfolina (NMOR), N-Nitroso-di-isobutilamina (NDiBA), N-Nitroso-di-isopropilamina (NDiPA), N-nitroso-metilfenilamina (NMPHA), N-nitroso-etilfenilamina (NEPhA) – 11 compostos

■ Origem

- Podem ser gerados durante o processo de vulcanização devido a aceleradores contendo amina secundária na sua estrutura

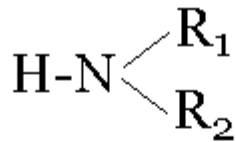
■ Limites Permitidos

- 10µg/kg

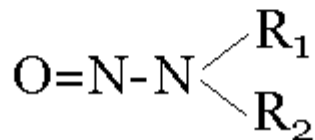
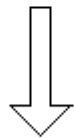
<https://anvisa.gov.br/legis/>

Substâncias Restritas

■ N-Nitrosaminas



+ Agentes nitrosantes (NO_x) + Calor
($\text{NO}_x = \text{N}_2\text{O}_2, \text{NO}_2, \text{N}_2\text{O}_3, \text{N}_2\text{O}_4$)



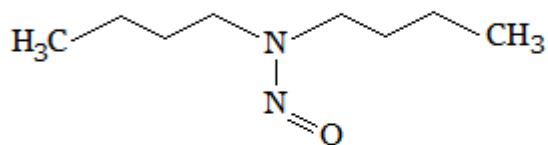
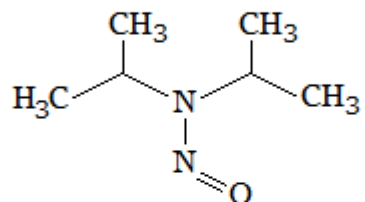
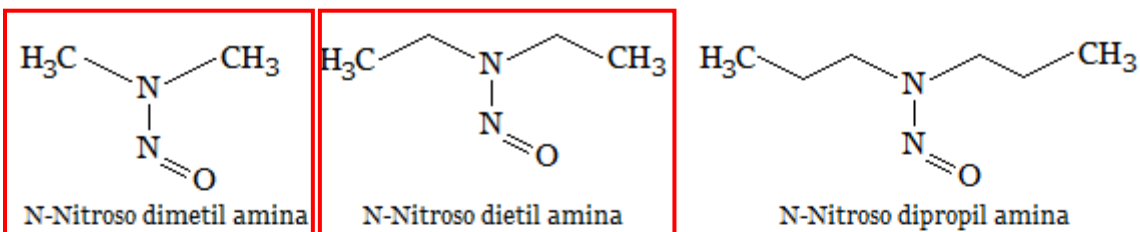
Formação de N-Nitrosaminas

- Processo de Formação:
- Aceleradores de vulcanização com amina secundária
- Presença de compostos nitrosos
- Temperatura

- Aceleradores de Vulcanização:
- Tiurames: TMTM, TMTD, TETD e MPTD
- Ditiocarbamatos: DMC, ZDEC, ZDBC, ZSMC, ZEPC e ZMPC

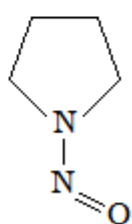
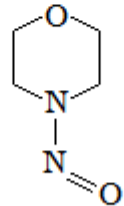
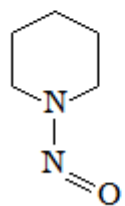
Substâncias Restritas

■ N-Nitrosaminas



N-Nitroso di-isopropil amina

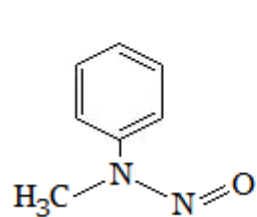
N-Nitroso dibutil amina



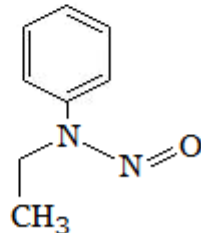
N-Nitroso piperidina

N-Nitroso morfolina

N-Nitroso pirrolidina



N-Nitroso metil fenil amina



N-Nitroso etil fenil amina

■ Toxicidade:

- Potencial carcinogênico NDMA e NDEA
- Podem causar danos fígado e rins

■ Normas:

- BS EN 12868: 2017 – bico de mamadeira e chupetas
- ASTM F1313: 2025 – bico de mamadeira e chupetas
- ABNT NBR 10334: 2020 - chupetas
- ABNT NBR 13793: 2012 – mamadeira e bicos de mamadeira

Lista dos N-Nitrosaminas geradas na indústria da borracha

Substâncias Restritas

■ N-Nitrosaminas



Coleta de N-Nitrosaminas em Ambiente Ocupacional

- Normas Ambiente Ocupacional:
- Technical Rules for Hazardous Substances - TRGS 552 e TRGS 910 (Alemanha)
 - Definem as condições para coleta e análise de N-nitrosaminas em ambiente ocupacional
 - Limites toleráveis: $0,75\mu\text{g}/\text{m}^3$
- NIOSH 2522: 1994
- DGUV 213-523: 2021

Ambiente Ocupacional

- **LINACH – Lista Nacional de Agentes Cancerígenos para Humanos**
 - Utilizado para avaliação da higiene ocupacional;
 - Oficializada pela Portaria Interministerial nº 9/2014 em 07/10/2014;
 - Considera estudos científicos existentes e lista de agentes cancerígenos da IARC - Agência Internacional para a Investigação do Câncer.

Ambiente Ocupacional

■ LINACH - Lista Nacional de Agentes Cancerígenos para Humanos

- Classifica os agentes cancerígenos de acordo com os seguintes grupos
 - Grupo 1 – carcinogênicos para humanos
 - Grupo 2A – provavelmente carcinogênicos para humanos
 - Grupo 2B – possivelmente carcinogênicos para humanos
- Diferenças entre os grupos com relação a carcinogenicidade
 - Carcinogênico: Há evidências suficientes para humanos
 - Provavelmente carcinogênico: Há evidências limitadas para humanos, mas suficiente em animais de laboratório
 - Possivelmente carcinogênico: Há evidências limitadas para humanos e em animais de laboratório

Lista Nacional de Agentes Cancerígenos para Humanos (LINACH) - <https://www.gov.br/imprensa nacional/pt-br>

Ambiente Ocupacional

- **LINACH - Lista Nacional de Agentes Cancerígenos para Humanos**
 - Grupo 1 – Carcinogênicos para humanos
 - Benzeno
 - Benzo[a]pireno
 - Amianto (asbestos)
 - Formaldeído
 - Compostos de Cromo VI
 - Compostos de Arsênio
 - Bifenilas policloradas
 - Poeira de sílica
 - Radiações ionizantes

Lista Nacional de Agentes Cancerígenos para Humanos (LINACH) - <https://www.gov.br/imprensa nacional/pt-br>

Ambiente Ocupacional

- **LINACH - Lista Nacional de Agentes Cancerígenos para Humanos**
 - Agentes químicos não classificados
 - Sílica precipitada - fabricação de vários elastômeros
 - Óxido de Zinco – ativador na vulcanização

Lista Nacional de Agentes Cancerígenos para Humanos (LINACH) - <https://www.gov.br/imprensanacional/pt-br>
Agência Internacional para a Investigação do Câncer (IARC) - <https://www.iarc.who.int/>

Ambiente Ocupacional

■ IARC – Agência Internacional para a Investigação do Câncer

- Agência especializada em câncer da Organização Mundial da Saúde (OMS), com sede na França;
- Conduzir pesquisas sobre as causas do câncer, mecanismos de carcinogênese e desenvolver estratégias preventivas, avaliando agentes como produtos químicos e vírus;
- Classifica os agentes cancerígenos de acordo com os seguintes grupos:
 - Grupo 1 – carcinogênicos para humanos;
 - Grupo 2A – provavelmente carcinogênicos para humanos;
 - Grupo 2B – possivelmente carcinogênicos para humanos;
 - Grupo 3 – não classificável quanto a carcinogenicidade.

Ambiente Ocupacional

■ Documento ABIARB & SINDIBOR

- Material técnico de assessoria especializada oferecido pelo Sindicato das Indústrias de Artefatos de Borracha e da Reforma de Pneus no Estado de São Paulo (SINDIBOR) e Associação Brasileira da Indústria de Artefatos de Borracha (ABIARB);
- Objetivo principal orientar as indústrias brasileiras de borracha sobre os limites de exposição ocupacional estabelecidos pelos EUA referente aos agentes químicos utilizados na produção;
- Apresenta como referências as normas:
 - Occupational Safety and Health Administration (OSHA)
 - Agência reguladora que cria e aplica leis de segurança no trabalho nos EUA
 - National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)
 - Instituto de pesquisa científica que fornece recomendações e métodos baseados em evidências para segurança e saúde ocupacional

Ambiente Ocupacional

- Documento ABIARB & SINDIBOR e sua relação com IARC e LINACH

| Agente Químico / Classe | Classificação IARC / LINACH | Toxicidade | Limite de Exposição Ocupacional | Observações |
|-------------------------|-----------------------------|------------------------------------|---|---|
| Óxido de Zinco | NA | Não carcinogênico (sem evidências) | 5 mg/m ³ (OSHA) 5 mg/m ³ (NIOSH) | Ativador na vulcanização |
| o-Toluidina | 1 | Carcinogênico | 22 mg/m ³ | Agente de cura e extensor de cadeia para poliuretanos |
| 2-Naftilamina | 1 | Carcinogênico | Não há limites regulatórios | Antioxidante (não mais utilizado) Exposição controlada através de práticas de trabalho e EPI's |
| 4-aminobifenila | 1 | Carcinogênico | Não há limites regulatórios | Antioxidante (não mais utilizado) Exposição controlada através de práticas de trabalho e EPI's |
| Benzidina | 1 | Carcinogênico | Não há limites regulatórios | Agente de cura para poliuretanos Exposição controlada através de práticas de trabalho e EPI's |
| Benzo[a]pireno (BaP) | 1 | Carcinogênico | 0,2 mg/m ³ (OSHA) 0,1 mg/m ³ (NIOSH) | Óleos minerais e negro de fumo |

ABIARB & SINDIBOR Special Assistance – US Federal OELs For Chemical Agents in Rubber Industry – Q1 2026
 Agência Internacional para a Investigação do Câncer (IARC) - <https://www.iarc.who.int/>
 Occupational Safety and Health Administration (OSHA) - <http://www.osha.gov>
 National Institute for Occupational Safety and Health - <http://www.cdc.gov/niosh>

Ambiente Ocupacional

- Documento ABIARB & SINDIBOR e sua relação com IARC e LINACH

| Agente Químico / Classe | Classificação IARC / LINACH | Toxicidade | Limite de Exposição Ocupacional | Observações |
|-------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|--|--|
| 1,3-Butadieno | 1 | Carcinogênico | 2,2 mg/m ³ (OSHA) | Monômero residual na fabricação SBR, BR, NBR e SBS |
| Benzeno | 1 | Carcinogênico | 3,2 mg/m ³ (OSHA) 0,3 mg/m ³ (NIOSH) | Impurezas na matéria-prima Adesivos (não mais utilizado) |
| Negro de Fumo | 2B | Possivelmente carcinogênico | 3,5 mg/m ³ (OSHA) 3,5 mg/m ³ / 0,1mgPAHs/m ³ (NIOSH) | Carga reforçante Risco durante a pesagem e mistura do composto |
| Tolueno | NA | Não carcinogênico (sem evidências) | 754 mg/m ³ (OSHA) 375 mg/m ³ (NIOSH) | Pode causar efeitos neurológicos Adesivos Vedações (NBR) |
| Xileno | 3 (IARC) NA (LINACH) | Não classificado como carcinogênico | 435 mg/m ³ (OSHA) 435 mg/m ³ (NIOSH) | Pode causar efeitos neurológicos Adesivos (SBR e NBR) Vedações |
| Etilbenzeno | 2B | Possivelmente carcinogênico | 435 mg/m ³ (OSHA) 435 mg/m ³ (NIOSH) | Impureza na matéria-prima na fabricação do monômero estireno |

ABIARB & SINDIBOR Special Assistance – US Federal OELs For Chemical Agents in Rubber Industry – Q1 2026
 Agência Internacional para a Investigação do Câncer (IARC) - <https://www.iarc.who.int/>
 Occupational Safety and Health Administration (OSHA) - <http://www.osha.gov>
 National Institute for Occupational Safety and Health - <http://www.cdc.gov/niosh>

Ambiente Ocupacional

- Documento ABIARB & SINDIBOR e sua relação com IARC e LINACH

| Agente Químico / Classe | Classificação IARC / LINACH | Toxicidade | Limite de Exposição Ocupacional | Observações |
|-------------------------|-----------------------------|--|---|---|
| Estireno | 2A (IARC) 2B (LINACH) | Provavelmente carcinogênico Possivelmente carcinogênico | 435 mg/m ³ (OSHA) 215 mg/m ³ (NIOSH) | Monômero residual na fabricação do poliestireno (PS) |
| Acrilonitrila | 2B | Possivelmente carcinogênico | 4,3 mg/m ³ (OSHA) 2,2 mg/m ³ (NIOSH) | Monômero residual na fabricação do NBR |
| Dissulfeto de Carbono | 3 (IARC) NA (LINACH) | Não classificado como carcinogênico | 62,3 mg/m ³ (OSHA) 3,1 mg/m ³ (NIOSH) | Matéria-prima para a produção de aceleradores de vulcanização (TMTD) |
| 1,2-Dicloroetano | 2B | Possivelmente carcinogênico | 202,4 mg/m ³ (OSHA) 4,0 mg/m ³ (NIOSH) | Monômero residual para a produção de elastômeros clorados (cloropreno - CR) |
| Diclorometano | 2A (IARC) 2B (LINACH) | Provavelmente carcinogênico Possivelmente carcinogênico | 86,8 mg/m ³ (OSHA) Sem limite exposição (NIOSH) | Agente de expansão auxiliar na produção de espumas flexíveis e rígidas de poliuretano |

ABIARB & SINDIBOR Special Assistance – US Federal OELs For Chemical Agents in Rubber Industry – Q1 2026
 Agência Internacional para a Investigação do Câncer (IARC) - <https://www.iarc.who.int/>
 Occupational Safety and Health Administration (OSHA) - <http://www.osha.gov>
 National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) - <http://www.cdc.gov/niosh>

Ambiente Ocupacional

- Documento ABIARB & SINDIBOR e sua relação com IARC e LINACH

| Agente Químico / Classe | Classificação IARC / LINACH | Toxicidade | Limite de Exposição Ocupacional | Observações |
|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|---|
| Cloreto de vinila | 1 | Carcinogênico | 2,6 mg/m ³ (OSHA) Sem limite exposição (NIOSH) | Monômero residual na fabricação de mangueiras industriais, cabos elétricos, solados de calçados |
| Isopreno | 2B | Possivelmente carcinogênico | Sem limite exposição (OSHA e NIOSH) | Monômero residual na fabricação de borracha sintética poliisopreno (IR) |
| Cloropreno | 2B | Possivelmente carcinogênico | 90,5 mg/m ³ (OSHA) 3,6 mg/m ³ (NIOSH) | Monômero residual na fabricação de policloropreno (neopreno) |
| Epicloridrina | 2A | Provavelmente carcinogênico | 18,9 mg/m ³ (OSHA) Sem limite exposição (NIOSH) | Monômero residual na fabricação de borrachas de epicloridrina (mangueiras de combustível, vedações) |
| Óxido de Etileno | 1 | Carcinogênico | 1,8 mg/m ³ (OSHA) 0,2 mg/m ³ (NIOSH) | Monômero residual na fabricação de borrachas de epicloridrina |

ABIARB & SINDIBOR Special Assistance – US Federal OELs For Chemical Agents in Rubber Industry – Q1 2026
 Agência Internacional para a Investigação do Câncer (IARC) - <https://www.iarc.who.int/>
 Occupational Safety and Health Administration (OSHA) - <http://www.osha.gov>
 National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) - <http://www.cdc.gov/niosh>

Ambiente Ocupacional

- Documento ABIARB & SINDIBOR e sua relação com IARC e LINACH

| Agente Químico / Classe | Classificação IARC / LINACH | Toxicidade | Limite de Exposição Ocupacional | Observações |
|---|-----------------------------|-------------------------------------|---|--|
| MOCA (4,4'-metilenobis(2-cloroanilina)) | 1 | Carcinogênico | Sem limite exposição (OSHA) 0,03 mg/m ³ (NIOSH) | Agente de cura ou extensor de cadeia na fabricação de poliuretanos |
| 4,4'-Metilenodianilina (MDA) | 2B | Possivelmente carcinogênico | 0,08 mg/m ³ (OSHA) Sem limite exposição (NIOSH) | Agente de cura e como intermediário na fabricação de isocianatos (MDI) |
| Etileno tiourea (ETU) | 3 (IARC) NA (LINACH) | Não classificado como carcinogênico | Sem limite exposição (OSHA e NIOSH) | Agente de vulcanização na fabricação de elastômeros (policloropreno) |
| 2-mercaptobenzotiazol (MBT) | 2A (IARC) NA (LINACH) | Provavelmente carcinogênico | Sem limite exposição (OSHA e NIOSH) | Agente de vulcanização na fabricação de elastômeros |
| Diisocianato de tolueno (TDI) | 2B | Possivelmente carcinogênico | Sem limite exposição (OSHA e NIOSH) | Agente de cura na fabricação de poliuretanos Exposição controlada através de práticas de trabalho e EPI's |

ABIARB & SINDIBOR Special Assistance – US Federal OELs For Chemical Agents in Rubber Industry – Q1 2026
 Agência Internacional para a Investigação do Câncer (IARC) - <https://www.iarc.who.int/>
 Occupational Safety and Health Administration (OSHA) - <http://www.osha.gov>
 National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) - <http://www.cdc.gov/niosh>

Ambiente Ocupacional

- Documento ABIARB & SINDIBOR e sua relação com IARC e LINACH

| Agente Químico / Classe | Classificação IARC / LINACH | Toxicidade | Limite de Exposição Ocupacional | Observações |
|--|-----------------------------|--|---|--|
| Tricloroetileno (TCE) | 2A (IARC) 1 (LINACH) | Provavelmente carcinogênico Carcinogênico | 537,3 mg/m ³ (OSHA) Sem limite exposição (NIOSH) | Uso restrito como solvente industrial |
| Tetracloroeto de Carbono | 2B | Possivelmente carcinogênico | 62,9 mg/m ³ (OSHA) 12,6 mg/m ³ (NIOSH) | Historicamente utilizado na indústria de elastômeros como um solvente de processo e agente de cloração na produção de borracha clorada |
| Di(2-etilhexil)ftalato) (DEHP) Dioctilftalato (DOP) | 2B | Possivelmente carcinogênico Possivelmente carcinogênico | 79,9 mg/m ³ (OSHA) 79,9 mg/m ³ (NIOSH) | Utilizado como plastificante na indústria do calçados |
| Clorofórmio | 2B | Possivelmente carcinogênico | 0,2 mg/m ³ (OSHA) 9,8 mg/m ³ (NIOSH) | Solvente industrial |
| Formaldeído | 1 | Carcinogênico | 0,9 mg/m ³ (OSHA) 0,02 mg/m ³ (NIOSH) | Fabricação de resinas fenólicas que podem ser utilizada como agentes de reforço e tackificantes |

ABIARB & SINDIBOR Special Assistance – US Federal OELs For Chemical Agents in Rubber Industry – Q1 2026
 Agência Internacional para a Investigação do Câncer (IARC) - <https://www.iarc.who.int/>
 Occupational Safety and Health Administration (OSHA) - <http://www.osha.gov>
 National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) - <http://www.cdc.gov/niosh>

Ambiente Ocupacional

- Documento ABIARB & SINDIBOR e sua relação com IARC e LINACH

| Agente Químico / Classe | Classificação IARC / LINACH | Toxicidade | Limite de Exposição Ocupacional | Observações |
|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------------|---|
| N-dimetilamina (NDMA) | 2A | Provável carcinogênico | Não há limites regulatórios | Agentes de vulcanização Exposição controlada através de práticas de trabalho e EPI's |
| N-dietilamina (NDEA) | 2A | Provável carcinogênico | Não há limites regulatórios | Agentes de vulcanização Exposição controlada através de práticas de trabalho e EPI's |
| N-di-n propilamina (NDPA) | 2B | Possivelmente carcinogênico | Não há limites regulatórios | Agentes de vulcanização Exposição controlada através de práticas de trabalho e EPI's |
| N-morfolina (NMOR) | 2B | Possivelmente carcinogênico | Não há limites regulatórios | Agentes de vulcanização Exposição controlada através de práticas de trabalho e EPI's |
| N-morfolina (NMOR) | 2B | Possivelmente carcinogênico | Não há limites regulatórios | Agentes de vulcanização Exposição controlada através de práticas de trabalho e EPI's |

ABIARB & SINDIBOR Special Assistance – US Federal OELs For Chemical Agents in Rubber Industry – Q1 2026
Agência Internacional para a Investigação do Câncer (IARC) - <https://www.iarc.who.int/>
Occupational Safety and Health Administration (OSHA) - <http://www.osha.gov>
National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) - <http://www.cdc.gov/niosh>

Considerações

- Matérias-primas e produtos manufaturados
 - Restrições para substâncias consideradas tóxicas – Exportação para EU
 - Limites máximos permitidos para substâncias tóxicas – RoHs e REACH
 - Substâncias de alta preocupação – SVHC´s (REACH – anexo XIV)
 - Necessitam de autorização - ECHA
 - Substâncias proibidas / banidas – REACH – anexo XVII
 - Restrições para contato com alimentos – ANVISA (nacional)
- Ambiente Ocupacional
 - Limites de exposição ocupacional
 - Legislação nacional não estabelece parâmetros para vários agentes químicos;
 - LINACH classifica alguns agentes químicos, mas não estabelece limites permitidos para exposição ocupacional;
 - Documento ABIARB & SINDIBOR indica limites máximos permitidos considerando legislações internacionais (OSHA e NIOSH).

Obrigado!

Pesquisa Desenvolvimento e Inovação – ISI Engenharia de Polímeros
e-mail: inovacao@senairs.org.br

Laboratório Metrologia - IST Química e Meio Ambiente
e-mail: servicos.istqema@senairs.org.br