



Naftalenos policlorados
(PCNs – *polychlorinated naphthalenes*)

CONSULTORA: Raquel Capella Gaspar Nepomuceno

Inventário preliminar dos naftalenos policlorados (*polychlorinated naphthalenes*) no Brasil a ser entregue como parte do segundo produto do convenio entre a Fundação Educacional Ciência e Desenvolvimento (FECD) e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA).

Rio de Janeiro, abril de 2020



SUMÁRIO

| | | |
|---------|--|----|
| 1- | INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1- | PCNs como Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs)..... | 3 |
| 1.2- | Produção | 6 |
| 1.2.1 – | Produção industrial de PCNs..... | 6 |
| 1.2.2 – | Produção não intencional de PCNs | 10 |
| 1.3- | Aplicações | 10 |
| 1.4- | Alternativas..... | 13 |
| 2- | INVENTÁRIO DE PCNs NO BRASIL..... | 13 |
| 2.1- | Produção e Uso..... | 15 |
| 2.2- | Comércio..... | 15 |
| 2.2.1 | Comercialização nacional e internacional de PCN | 15 |
| 2.2.2- | Comercialização de produtos que possam conter PCNs..... | 20 |
| 2.2.3- | Estimativas Gerais | 25 |
| 2.3 - | PCNs não Intencionais..... | 26 |
| 3- | PLANO DE AÇÃO..... | 27 |
| 4- | REFERÊNCIAS | 28 |
| 5- | ANEXOS..... | 32 |
| 5.1. | Registros CAS, nomenclaturas IUPAC e sinônimos químicos para os 75 isômeros de PCNs..... | 32 |
| 5.2. | Tabelas de Balanço Comercial..... | 38 |



LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Registro de importação de produtos registrados sob os códigos NCM: 29036915 – cloronaftalenos (em verde); e 29039915 – cloronaftalenos (em laranja). Fonte: Comex Stat (<http://comexstat.mdic.gov.br>). Não foram obtidos registros de exportação durante o período analisado..... 17

Figura 2: Registros de importação de produtos sob os códigos NBM: 2903691201 – Mono e dicloronaftalenos (em verde); 2903691299 – Qualquer outro cloronaftaleno (em laranja). Fonte: Comex Stat (<http://comexstat.mdic.gov.br>). Não foram obtidos registros de exportação para ambos os NBMs durante o período analisado, tampouco de quaisquer transações comerciais para o NBM 2903691202 – Tetracloronaftaleno e octacloronaftaleno. 19

Figura 3: Balanço comercial (importação e exportação), de janeiro de 1997 a dezembro de 2019, de produtos registrados sob os NCM: 40024100 – Látex de borracha de cloropreno (clorobutadieno – CR) (em verde) e 40024900 – Outras borrachas de cloropreno – clorobutadieno – em chapas, etc. (em laranja), em toneladas líquidas. Fonte: Comex Stat (<http://comexstat.mdic.gov.br>). 22

Figura 4: Balanço comercial (importação e exportação), de janeiro de 1997 a dezembro de 2019, de produtos registrados sob os NBMs: 4002410000 – Borracha de cloropreno (clorobutadieno), em látex (em verde); 4002490100 – Borracha de cloropreno (clorobutadieno), em chapas/fls/ (em laranja); 4002499900 – Borracha de cloropreno (clorobutadieno), em outs.formas (em roxo); 4008119901 – Chapas/fls/; etc de cloropreno c/s reforço de tecido (em rosa). Fonte: Comex Stat (<http://comexstat.mdic.gov.br>). 24



LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1: Possíveis nomenclaturas (químicas, genéricas e comerciais), fórmula química e estrutural e propriedades dos naftalenos policlorados (PCNs – polichlorinated naphthalenes) e possíveis números do Serviço de Resumo Químico (CAS - Chemical Abstract Chemical Abstract Service). Adaptado de UNEP, 2019a. 2

Tabela 1: Serviço de Resumo Químico (CAS - Chemical Abstract Service), composição e propriedades das misturas comerciais de PCNs. (Fontes: UNEP, 2017; IPCS, 2001) 7

Quadro 2: Relação dos atuais fabricantes de naftalenos policlorados (PCNs – polychlorinated naphthalenes) no mundo. – Fonte: Branco (2016) 9

Quadro 3: Usos de naftalenos policlorados (PCNs – polychlorinated naphthalenes) em aplicações externas e internas (UNEP 2019a)..... 11

Quadro 4: Concentrações de naftalenos policlorados (PCNs – polychlorinated naphthalenes) em aplicações selecionadas e frações de resíduos (UNEP, 2019b)..... 12

Tabela 2: Lista de instituições potencialmente envolvidas na produção ou uso de naftalenos policlorados (PCNs - polychlorinated naphthalenes) consultadas pelo Ministério do Meio Ambiente: Número de ofícios enviados, número de empresas privadas, número de empresas privadas, número de associações e número de respostas 14



LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BCF (*bioconcentration factor* – fator de bioconcentração)

BMF (*biomagnification factor* – fator de biomagnificação)

CAS (*Chemical Abstract Service* – Serviço de Resumo Químico)

CP (*chlorinated paraffins* – parafinas cloradas)

Di-CNs (*dichlorinated naphthalenes* – dicloronaftalenos)

HCB (*hexachlorobenzene* – hexaclorobenzeno)

Hepta-CNs (*heptachlorinated naphthalenes* – heptacloronaftalenos)

Hexa-CNs (*hexachlorinated naphthalenes* – hexacloronaftalenos)

HS (*harmonized system code* – Sistema Harmonizado)

IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis)

IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry* – União Internacional de Química Pura e Aplicada)

Log k_{oa} (*octanol-air partition coefficient* – coeficiente de partição octanol-ar)

Log k_{ow} (*octanol-water partition coefficient* – coeficiente de partição octanol-água)

MDIC (Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços)

ME (Ministério da Economia)

MI (Ministério da Infraestrutura)

MMA (Ministério do Meio Ambiente)

NBM (Nomenclatura Brasileira de Mercadorias)



NCM (Nomenclatura Comum do Mercosul)

NIP (*National Implementation Plan – Plano Nacional de Implementação*)

Octa-CNs (*octachlorinated naphthalenes – octacloronaftalenos*)

PCBs (*polychlorinated biphenyls – bifenilas policloradas*)

PCDDs (*polychlorinated dibenzo-para-dioxins – dioxinas*)

PCDFs (*polychlorinated dibenzofurans – furanos*)

PCNs (*olychlorinated naphthalenes – naftalenos policlorados*)

PeCB (*pentachlorobenzene – pentaclorobenzeno*)

Penta-CNs (*pentachlorinated naphthalenes – pentacloronaftalenos*)

PFNs (*polifluorinated naphthalenes – naftalenos polifluorados*)

POPs (Poluentes Orgânicos Persistentes)

SCCP (*short-chain chlorinated paraffins – parafinas cloradas de cadeia curta*)

Tri-CNs (*trichlorinated naphthalenes – tricloronaftalenos*)

Tetra-CNs (*tetrachlorinated naphthalenes – tetracloronaftalenos*)



1- INTRODUÇÃO

Os naftalenos policlorados (PCNs, da nomenclatura em inglês *Polychlorinated Naphthalenes*¹) são compostos orgânicos halogenados que consistem em moléculas planares aromáticas naftênicas, cujos átomos de hidrogênio podem ser substituídos por dois a oito átomos de cloro em torno de sua estrutura (Quadro 1). Por distinguirem-se em função do número e posição dos átomos de cloro na molécula, a classe é composta por um total de 75 congêneres subdivididos em sete grupos homólogos, conforme segue: naftalenos diclorados (di-CNs), triclorados (tri-CNs), tetraclorados (tetra-CNs), pentaclorados (penta-CNs), hexaclorados (hexa-CNs), heptaclorados (hepta-CNs) e octaclorados (octa-CNs). Cada um dos 75 isômeros, bem como os grupos homólogos genéricos, possui registros individualizados no Serviço de Resumo Químico (CAS - *Chemical Abstract Service*) e nomenclaturas IUPAC específicas, explicitados Tabela A1 (em anexo).

As propriedades físico-químicas variam amplamente entre os oito grupos, de forma que os grupos apresentem dinâmicas ambientais bastante distintas entre si. A solubilidade e a volatilidade, por exemplo, tendem a decrescer com o aumento do grau de cloração da molécula, sendo a segunda verificada pela redução progressiva das respectivas pressões de vapor e constantes de Henry, bem como pelo aumento dos coeficientes de partição octanol-ar ($\log k_{oa}$). A lipofilicidade, por outro lado, tende a aumentar com o número de moléculas de cloro na molécula, de forma que os tri- a octa-CNs sejam considerados altamente lipofílicos em função de seus elevados coeficientes de partição octanol-água ($\log k_{ow}$) (Environment Canada, 2011). Os PCNs podem assumir texturas igualmente variáveis, apresentando-se no estado líquido ou até como densas ceras, de forma que seus pontos de fusão variem de 40 a 180°C (IPCS, 2011). As principais nomenclaturas, registros CAS,

¹ A fim de padronizar e facilitar futuras buscas de informação a respeito dos naftalenos policlorados, a sigla em inglês PCN (*polychlorinated naphthalenes*) foi adotada ao longo do texto.



propriedades físico-químicas e demais características gerais dos oito grupos homólogos de PCNs encontram-se sumarizados no Quadro 1 a seguir.

Quadro 1: Possíveis nomenclaturas (químicas, genéricas e comerciais), fórmula química e estrutural e propriedades dos naftalenos policlorados (PCNs – polychlorinated naphthalenes) e possíveis números do Serviço de Resumo Químico (CAS - Chemical Abstract *Chemical Abstract Service*). Adaptado de UNEP, 2019a.

| | | |
|--|---|--|
| Nome comum (abreviação em inglês) | Naftalenos policlorados (PCNs – <i>polychlorinated naphthalenes</i>) | |
| Nomenclatura IUPAC* | Cloronaftalenos; dicloronaftalenos; tricloronaftalenos; tetracloronaftalenos; pentacloronaftalenos; hexacloronaftalenos; heptacloronaftalenos; octacloronaftalenos | |
| Estrutura molecular de um PCN | <p style="text-align: center;">$x + y = 2 \sim 8$</p> | |
| Fórmula molecular | $C_{10}H_{8-n}Cl_n$; onde $n = 2 \sim 8$ | |
| Sinônimos e abreviaturas | naftalenos clorados (CNs); naftalenos diclorados (Di-CNs); naftalenos triclorados (Tri-CNs); naftalenos tetraclorados (Tetra-CNs); naftalenos pentaclorados (Penta-CNs); naftalenos hexaclorados (Hexa-CNs); naftalenos heptaclorados (Hepta-CNs); naftalenos octaclorados (Octa-CNs) | |
| Números de CAS* (<i>chemical abstract service</i>) | PCNs: 70776-03-3 Di-CNs: 28699-88-9 Tri-CNs 1321-65-9 Tetra-CNs: 1335-88-2 | Penta-CNs 1321-64-8 Hexa-CNs: 1335-87-1 Hepta-CNs: 32241-08-0 Octa-CNs: 2234-13-1 |
| Solubilidade em água ($\mu\text{g/L}$) | Di-CNs: 137-862 (2713) Tri-CNs: 16.7-65 (709) Tetra-CNs: 3.7-8.3 (177) Penta-CNs: 7.30 (44) | Hexa-CNs: 0.11 (11) Hepta-CNs: 0.04 (2.60) Octa-CNs: 0.08 (0.63) |
| | Valores fora dos parêntesis foram experimentalmente determinados, enquanto os dentro dos parêntesis consistem nos valores preditos | |
| Ponto de fusão ($^{\circ}\text{C}$) | Di-CNs: 37-138 Tri-CNs: 68-133 Tetra-CNs: 111- 198 | Hexa-CNs: 194 Hepta-CNs: 194 Octa-CNs: 198 |



| | | |
|---|---|--|
| | Penta-CNs: 147– 171 | |
| Ponto de ebulição (°C) | Di-CNs: 287–298 Tri-CNs: 274 Tetra-CNs: desconhecido Penta-CNs: 313 | Hexa-CNs: 331 Hepta-CNs: 348 Octa-CNs: 365 |
| Pressão de vapor – 25°C (Pa) | Di-CNs: $1,98 \times 10^{-1} - 3,52 \times 10^{-1}$ Tri-CNs: $6,78 \times 10^{-2} - 1,14 \times 10^{-1}$ Tetra-CNs: $1,08 \times 10^{-2} - 4,15 \times 10^{-2}$ Penta-CNs: $2,75 \times 10^{-3} - 7,89 \times 10^{-3}$ | Hexa-CNs: $1,57 \times 10^{-3} - 7,34 \times 10^{-4}$ Hepta-CNs: $2,78 \times 10^{-4}, 2,46 \times 10^{-4}$ Octa-CNs: $1,5 \times 10^{-6}$ |
| Constante de Henry (Pa·m ³ /mol, 25°C) | Di-CNs: 3,7 – 29,2 Tri-CNs: 1,11 – 51,2 Tetra-CNs: 0,9 – 40,7 Penta-CNs: 0,5 – 12,5 | Hexa-CNs: 0,3 – 2,3 Hepta-CNs: 0,1 – 0,2 Octa-CNs: 0,02 |
| Log k_{ow} | Di-CNs: 4,2 – 4,9 Tri-CNs: 5,1 – 5,6 Tetra-CNs: 5,8 – 6,4 Penta-CNs: 6,8 – 7,0 | Hexa-CNs: 7,5 – 7,7 Hepta-CNs: 8,2 Octa-CNs: 6,42 – 8,50 |
| Log k_{oa} | Di-CNs: 6,55 – 7,02 Tri-CNs: 7,19 – 7,94 Tetra-CNs: 7,88 – 8,79 Penta-CNs: 8,79 – 9,40 | Hexa-CNs: 9,62 – 10,17 Hepta-CNs: 10,68 – 10,81 Octa-CNs: 11,64 |
| Nomes comerciais | Halowax, N-Oil/N-wax, Cerifal, Chlonacire wax, Hodogaya Amber wax, Nankai wax, Tokyo ohka wax, Basileum/Xylamon, Nibren wax, Perna wax, Seekey wax, Woskol | |

*Cada um dos 75 isômeros de PCNs apresentam registros CAS e nomenclaturas IUPAC próprios, tendo sido aqui apresentados apenas as informações genéricas referentes aos oito grupos homólogos. Para mais informações, consultar a Tabela A1 (em anexo)

1.1- PCNs como Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs)

O documento do Perfil de Risco de Naftalenos Policlorados elaborado pela Convenção de Estocolmo (UNEP, 2012) compila dados acerca da persistência ambiental, toxicidade e capacidade de dispersão dos PCNs que, em conjunto, justificam sua classificação enquanto POPs. No que diz respeito à sua persistência, os PCNs são considerados, de forma geral, pouco propensos à hidrólise aquosa, sendo esta considerada uma característica típica dos



halogenados aromáticos e que contribui, portanto, para sua maior permanência neste meio (LYMAN et al., 1990). No caso da fotólise aquosa experimental, foi verificado que o processo tende a ocorrer em velocidades mais lentas quanto maior for o grau de cloração do congênere, mas que, como um todo, se observa uma progressiva conversão no sentido das formas menos cloradas (IPCS, 2001). Estimativas quanto à foto-oxidação atmosférica revelam ser também o número e disposição dos átomos de cloro na molécula os principais fatores que influenciam nas meias vidas dos congêneres no ar, podendo estas variarem de 4 dias para di-CNs até 417 dias para os octa-CNs (CROOKES & HOWE, 1993). Com relação às vias de degradação biótica, estudos carreados em condições experimentais controladas também associam o grau de cloração das moléculas à sua persistência (FALANDYSZ, 2003). Contudo, apesar da ausência de estudos de campo relacionados à biodegradação, análises de testemunhos de sedimento revelam constância dos perfis dos congêneres paralela ao aumento das concentrações com a profundidade, sugerindo que não haja uma seletividade em termos de cloração da molécula neste quesito (ISHAQ et al., 2009; GEVAO et al., 2000). De forma geral, os tri- a octa-CNs são considerados compostos persistentes, tanto em função dos fatores supracitados, quanto por suas meias vidas calculadas serem superiores a 180 dias na água e a 1 ano em solos e sedimentos; os di-CNs, apesar da insuficiência de dados de monitoramento a seu respeito, são também considerados ambientalmente persistentes (UNEP, 2012).

Quanto à sua capacidade de dispersão ambiental, PCNs já foram quantificados em diversas amostras atmosféricas de regiões árticas, sobretudo em sua porção europeia, onde concentrações atingiram $40 \text{ pg}\cdot\text{m}^{-3}$ (BIDLEMAN et al., 2010). De forma geral observa-se um fracionamento no mecanismo de transporte atmosférico em função dos pesos moleculares dos congêneres, de forma que nos perfis de contaminação de áreas urbanas prevaleçam os homólogos mais pesados – penta- a hexa-CNs – enquanto em regiões mais remotas do Ártico o grupo mais detectado seja o dos tri-CNs, seguido dos tetra- e penta-CNs (HARNER et al., 1998; LEE et al., 2007). Foram também detectadas concentrações de PCNs de até $1,9 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$ em sedimentos de regiões sub-árticas, bem como em diversos componentes da biota de áreas



remotas (BIDLEMAN et al., 2010). Seguindo o modelo de destilação global cunhado por Wania (2006), Puzyn e colaboradores (2008) definiram os di- a hepta-CNs como “múltiplos saltadores” – $-4 < \log K_{aw} < 0$; $6 < \log K_{oa} < 10$ – e os octa-CNs como “saltadores únicos” – $\log K_{aw} < 0$; $\log K_{oa} > 10$ – sendo os di- a tetra-CNs considerados compostos de mobilidade particularmente elevada em relação aos demais grupos homólogos.

Quanto à bioacumulação de PCNs, o mesmo relatório aponta que, de acordo com as características físico-químicas, um elevado potencial bioacumulativo é previsto para organismos terrestres e aquáticos não apenas por seus $\log k_{ow}$ variarem entre 4,2 e 8,5, como também em razão de seus $\log k_{oa}$ relativamente elevados – 5,9 a 11,6 – dado que este processo é esperado para compostos cujos k_{oa} e k_{ow} excedam, respectivamente, 5 e 2. Dados experimentais revelam fatores de bioconcentração (BCF – *bioconcentration fator*) superiores a 5.000 para di-, tri-, tetra- e penta-CNs, tendo um trabalho determinado um BCF de 0 para hepta-CNs e acima de 5.000 para octa-CNs, embora estudos de monitoramento tenham detectados ambos os grupos em peixes (UNEP, 2012). Além disso, os fatores de biomagnificação (BMF – *biomagnification fator*) para tetra- a hepta-CNs excedem 1 para sistemas bênticos e pelágicos, indicando uma maior propensão dos homólogos com maior número de cloros à biomagnificar em cadeias tróficas. As meias vidas calculadas em peixes foram de 4 a 6 dias para di-CNs, 8 dias para tri-CNs, e de 7 a 30 dias para tetra-CNs, enquanto em humanos estes valores podem chegar a vários anos (OPPERHUIZEN et al., 1985; IPCS, 2001).

Enquanto composto de uso industrial, o contato ocupacional de trabalhadores com PCNs resultou em diversos sintomas semelhantes aos causados por intoxicação com as bifenilas policloradas (PCBs - *polychlorinated biphenyls*), dioxinas (PCDDs – *polychlorinated dibenzo-para-dioxins*) e furanos (PCDFs – *polychlorinated dibenzofurans*), dentre os quais irritações dérmicas como a cloracne e doenças hepáticas. A maioria dos casos de cloracne foram registrados entre as décadas de 1930 e 1950, sobretudo entre operários que manuseavam PCNs para o isolamento de cabos elétricos, na indústria de cromagem e na



própria manufatura de PCNs (IPCS, 2001). Foi reportado que disfunções hepáticas foram acarretadas a partir da inalação de PCNs liberados sob a forma gasosa durante o processamento industrial de ceras do produto em altas temperaturas, tendo sido registrados pelo menos 10 óbitos, nas décadas de 1930 e 1940, de trabalhadores expostos a PCNs e que apresentavam atrofia aguda do fígado (IPCS, 2001).

Em maio de 2015, os PCNs foram incluídos ao Anexo A da Convenção de Estocolmo, prevendo, portanto, a eliminação de seu uso pelos países signatários. Desta listagem foram excetuados apenas os naftalenos monoclorados (mono-CNs), não reconhecidos como PCNs. A adição dos PCNs à Convenção não enfrentou oposição das partes, salvo da Rússia, que alegou demanda por esta classe como intermediária na produção industrial de naftalenos polifluorados (PFNs – *polifluorinated naphthalenes*) – com destaque para octafluoronaftalenos – tendo este sido estabelecido como uso excepcional. Ademais, foi reconhecida também a ocorrência de PCNs enquanto subprodutos não intencionais, tendo por este motivo sido igualmente incluídos ao Anexo C (UNEP, 2015; IISD, 2015).

1.2- Produção

1.2.1 – Produção industrial de PCNs

Os PCNs foram amplamente produzidos e comercializados a entre as décadas de 1910 e 1970 em uma grande variedade de misturas técnicas, que receberam nomes distintos nos diversos países em que foram produzidos: Halowax, N-Oil/N-wax (Estados Unidos), Cerifal (Itália), Chlonacire wax (França), Hodogaya Amber wax, Nankai wax, Tokyo ohka wax (Japão), Basileum/Xylamon, Nibren wax, Perna wax (Alemanha), Seekey wax (Reino Unido), Woskol (Polônia) (HAYWARD, 1998; UNEP, 2019). Cada formulação comercial consiste em misturas de diversos congêneres em proporções variadas - e, portanto,



propriedades particulares - também possuindo registros CAS específicos (Tabela 1). Dentre os grupos homólogos, os naftalenos tri- a octa-clorados foram os predominantemente utilizados em misturas comerciais (UNEP, 2019).

Tabela 1: Serviço de Resumo Químico (CAS - *Chemical Abstract Service*), composição e propriedades das misturas comerciais de PCNs. (Fontes: UNEP, 2017; IPCS, 2001)

| Nome comercial | CAS | Composição aproximada | Ponto de ebulição | Ponto de Fusão | Solubilidade aquosa | |
|------------------|----------|-----------------------|-----------------------|----------------|---------------------|-----------|
| Halowax | 1031 | 25586-43-0 | mono-diCN (22% Cl) | 250 °C | -25 °C | Insolúvel |
| | 1000 | 58718-66-4 | mono-diCN (26% Cl) | 250 °C | -33 °C | Insolúvel |
| | 1001 | 58718-67-5 | di-penta (50% Cl) | 308 °C | 98 °C | Insolúvel |
| | 1099 | 39450-05-0 | di-pentaCN (52% Cl) | 315 °C | 102 °C | Insolúvel |
| | 1013 | 12616-35-2 | tri-pentaCN (56% Cl) | 328 °C | 120 °C | Insolúvel |
| | 1014 | 12616-36-3 | tetra-hexaCN (62% Cl) | 344 °C | 137 °C | Insolúvel |
| | 1051 | 2234-13-1 | hepta-octaCN (70% Cl) | - | 185 °C | - |
| Basileum | SP-70 | 90-13-1 | mono-diCN (80% CN) | - | - | - |
| Nibren | D88 | - | (50% Cl, estimado) | - | 90 | - |
| waxes | D116N | - | (50% Cl, estimado) | - | 113 | - |
| | D130 | - | (60% Cl, estimado) | - | 135 | - |
| Seekey | 68 (R) | - | (46.5% Cl) | - | - | - |
| waxes | 93 (R) | - | (50% Cl) | - | - | - |
| | 123 (R) | - | (56.6% Cl) | - | - | - |
| | 700 (R) | - | (43% Cl) | - | - | - |
| | 93 (RC) | - | (50% Cl) | - | - | - |
| | 123 (RC) | - | (56.5% Cl) | - | - | - |
| Clonacire | 95 | - | (50% Cl, estimado) | - | 90 | - |
| waxes | 115 | - | - | - | 115 | - |
| | 130 | - | - | - | 130 | - |

Os PCNs guardam fortes semelhanças químicas e estruturais com os PCBs, tendo por isso compartilhado a maioria de suas aplicações, principalmente as de uso interno (como



fluidos de transformadores e capacitores, aditivos de óleos lubrificantes, etc.). As estimativas totais a respeito da produção mundial de PCNs variam entre 200.000 a 400.000 toneladas (AMAP, 2004) e 150.000 toneladas, sendo esta última equivalente a cerca de um décimo do que fora a produção global de PCBs (BELAND & GEER, 1973; UNEP, 2013). Segundo outras estimativas, apenas nos Estados Unidos a produção de PCNs pode ter variado entre 50.000 e 150.000 toneladas de 1910 a 1960, tendo decaído a partir de 1977, de forma que em 1978 a produção anual fosse de apenas 320 toneladas (HAYWARD, 1978). Na Europa, estima-se que apenas a empresa Bayer tenha produzido de 100 a 200 toneladas por ano entre 1980 e 1983 (UNEP, 2013).

Reporta-se que a produção de PCNs tenha decaído drasticamente já na década de 1970, tendo sido interrompida em meados de 1960 no Reino Unido, 1980 nos Estados Unidos e em 1983 na Alemanha (UNEP, 2013). De forma geral, assume-se a produção de PCNs como atualmente extinta entre os países da Comissão Económica das Nações Unidas para a Europa (UNECE – *United Nations Economic Commission for Europe*), com exceção daquelas direcionadas a fins analíticos de práticas laboratoriais e para a produção de PFNs – finalidade admitida enquanto exceção específica e para a qual não se têm estimativas de volumes atualmente utilizados (UNEP, 2012, 2013).

Os registros oficiais apontam não haver atuais demandas em larga escala pela produção industrial de PCNs, dado que estes foram, juntamente com os PCBs, progressivamente substituídos por outras substâncias, com destaque para as parafinas cloradas (CPs – *chlorinated paraffins*) – cujas formas de cadeia curta (SCCPs – *short chain chlorinated paraffins*) foram também classificadas como POPs e adicionadas ao Anexo A da Convenção de Estocolmo a partir de 2017. Por este motivo, é recomendado que os procedimentos analíticos embutidos nos inventários nacionais a serem realizados pelos países-membros da Convenção de Estocolmo sejam adotados em conjunto para PCNs, PCBs e SCCPs.

Não existem atualmente registros de fabricação de formulações técnicas de PCNs na China, conforme reportado por Pan et al. (2011) – salvo pequenas quantidades de octa-CN



voltados a propósitos laboratoriais. Entretanto, foram acessados em 03/09/2019 os *websites* dos principais fabricantes de PCNs listados por Branco (2016), verificando-se que oito empresas, seis das quais chinesas, atualmente produzem e comercializam diversos grupos de PCNs (Quadro 2). Não se têm, contudo, informações a respeito dos volumes produzidos, tampouco à quais finalidades é destinada esta produção.

Quadro 2: Relação dos atuais fabricantes de naftalenos policlorados (PCNs – polychlorinated naphthalenes) no mundo. – Fonte: Branco (2016)

| Empresa | País | PCN comercializado | Website |
|-----------------------------------|----------|-------------------------|---|
| Haihang Industry Co., Ltd. | China | mono-CN, di-CN, octa-CN | http://www.haihangchem.com/ |
| Hisunny Chemical Co., Ltd. | China | octa-CN | http://www.hisunnychem.com/ |
| Hangzhou Dayangchem Co., Ltd. | China | mono-CN, di-CN, octa-CN | http://www.chinadayangchem.com/ |
| Hangzhou Meite Chemical Co., Ltd. | China | mono-CN, di-CN | http://www.meitechem.com/ |
| Leap Labchem Co., Ltd. | China | di-CN, octa-CN | http://www.leapchem.com/ |
| Hangzhou J&H Chemical Co., Ltd. | China | di-CN | http://www.jhechem.com/ |
| Santa Cruz Biotechnology, Inc. | EUA | mono-CN, tri-CN | https://www.scbt.com/scbt/home |
| Chemos GmbH | Alemanha | mono-CN | https://www.chemos.de/ |

* Foi mantida na listagem a empresa alemã Chemos GmbH, produtora de apenas mono-CN, pois ainda que este tenha seu uso permitido, o produto pode conter resíduos de cloronaftalenos com maior grau de cloração em sua composição (UNEP, 2019).

Têm-se registros de transações ilegais de misturas técnicas de PCNs em 2002, quando o Japão importou cerca de 18 toneladas da mistura comercial Halowax 1001 do Reino Unido, para a utilização na produção de diversos produtos comerciais e bens de consumo, dentre os quais selantes, impermeabilizantes, materiais para a absorção de impactos, adesivos, materiais isolantes e cinturões de borracha.



1.2.2 – Produção não intencional de PCNs

Assume-se que a maior parte da produção não intencional de PCNs seja proveniente de processos térmicos, sendo 74% das emissões atribuídas à incineração de resíduos; e o restante relacionada a processos industriais (11%), à combustão residencial (10%) e ao uso de solventes orgânicos (6%) (UNECE, 2007). Dentre os processos industriais estão incluídos a indústria metalúrgica não-ferrosa (ex: cobre) e o refinamento de alumínio.

Misturas comerciais de PCBs podem conter PCNs produzidos não intencionalmente em concentrações entre 40 e 1.300 mg/kg, reforçando a necessidade da abordagem conjunta de ambas as classes em inventários (UNEP, 2017). Além disso, também detectadas impurezas de PCNs em misturas técnicas de CPs, provavelmente geradas a partir das matérias primas utilizadas na produção destas últimas, podendo acarretar na produção não intencional deste e outros POPs, como os PCBs, o pentaclorobenzeno (PeCB – *pentachlorobenzene*) e o hexaclorobenzeno (HCB – *hexachlorobenzene*).

1.3- Aplicações

Os PCNs foram utilizados sobretudo entre as décadas de 1920 e 1960 para diversas aplicações, com destaque para revestimentos de fios e cabos elétricos, aditivos em tintas, borrachas e selantes, assim como em fluidos de capacitores (Quadro 3). Seu uso passou a ser reduzido após a Segunda Guerra Mundial, a partir de quando passaram a ser amplamente substituídos pelos PCBs sobretudo para aplicações internas (HAYWARD, 1998) e mais adiante pelas CPs principalmente para aplicações externas (UNEP, 2019). Para certas finalidades específicas seu uso se estendeu por maiores períodos de tempo, tendo sido empregados como preservantes de madeira até 1987 (JAKOBSSON & ASPLUND, 2000) e



aditivos em borracha de cloropreno até o início dos anos 2000 (YAMAMOTO, 2016). Como aditivos de tintas os PCNs também foram utilizados até o final da década de 80, visto que o uso de PCBs para estas aplicações foi interrompido no início da década de 1970 – finalidade a qual viria a ser preenchida pelas CPs posteriormente.

Quadro 3: Usos de naftalenos policlorados (PCNs – polychlorinated naphthalenes) em aplicações externas e internas (UNEP 2019a).

| Setor | Uso |
|--------------------------------------|--|
| Transformadores e capacitores | Impregnado a capacitores (JACOBSSON & ASPLUND, 2000) Fluidos de transformadores e capacitores (UNECE, 2007; IPCS, 2001) |
| Baterias | Separador em acumuladores (JACOBSSON & ASPLUND, 2000) |
| Plásticos e cabos | Revestimento de cabos (retardantes de chamas) (JACOBSSON & ASPLUND, 2000) Aditivos de plásticos (JACOBSSON & ASPLUND, 2000) |
| Borracha | Aditivos em Neoprene e possivelmente outros cloroprenos, com uso em correias de impressão (YAMASHITA et al., 2003; YAMAMOTO et al., 2018) |
| Selantes | Selantes impermeáveis (NICNAS, 2002) |
| Tintas, revestimentos, corantes | Tintas e revestimentos anticorrosivos ou subaquáticos (JACOBSSON & ASPLUND, 2000) |
| Preservantes de madeira/ Funguicidas | Impregnado a madeiras (IPCS 2001; JACOBSSON & ASPLUND, 2000) |
| Indústrias têxtil e de papel | Revestimento/ impregnação de papel e tecidos para impermeabilização (VAN DE PLASSCHE & SCHWEGLER, 2002, JACOBSSON & ASPLUND, 2000) |
| Aditivos de óleos e lubrificantes | Aditivos em óleos lubrificantes para engrenagens e maquinário (JACOBSSON & ASPLUND, 2000; US DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 1954) Óleos no setor minerador (POPP et al., 1997) Fluidos de corte (JACOBSSON AND ASPLUND, 2000) Aditivos de óleo para motores (VAN DE PLASSCHE & SCHWEGLER, 2002) Óleos de teste hidráulico para índice refratário (VAN DE PLASSCHE & SCHWEGLER, 2002) |
| Uso militar | Munição para armamentos; granadas fumígenas (GENERALSTAB SCHWEIZER ARMEE, 1945; EMPA, 2006). Artilharia inerte e projéteis morteiros (HEWITT et al. 2011; CLAUSEN et al. 2004; FALANDYSZ 1998) Tintas para embarcações (Redfield et al. 1952) e possivelmente outras superfícies metálicas de veículos e maquinário militar |



Pouco se sabe a respeito do atual estado de uso, produção, estocagem e descarte ao redor do mundo, havendo apenas alguns estudos pontuais que mensuram concentrações de PCNs em determinadas aplicações e resíduos (Quadro 4). Devido ao recente enquadramento dos PCNs sob categoria de POP, compilações atualizadas a nível nacional nos países membros da Convenção ainda não foram efetivadas, considerando que maioria dos Planos Nacionais de Implementação (NIP – *National Implementation Plan*) é anterior a maio de 2015 e, mesmo nos relatórios de publicação posterior à data, os PCNs não foram inventariados. No ano de 2019, a África do Sul foi pioneira em avaliar a situação dos PCNs a nível nacional, juntamente às parafinas cloradas, não tendo identificado indícios de produção atual e tampouco pretérita em seu território (UNEP, 2019b).

Quadro 4: Concentrações de naftalenos policlorados (PCNs – *polychlorinated naphthalenes*) em aplicações selecionadas e frações de resíduos (UNEP, 2019b)

| Produto/amostra | Concentração de PCN (mg·kg) | Referências |
|--|-----------------------------|---|
| Borracha Neoprene | 36.000 – 45.000 | Yamamoto et al., 2005 Yamashita et al., 2003 |
| Revestimento de borracha | 1.000 | Yamashita et al., 2003 |
| Correias de impressão | 41 – 2.000 (3/21) | Yamamoto et al., 2005 |
| Correias de impressão | 0,001 – 0,1 (17/21) | Yamamoto et al., 2005 |
| Adesivos aerossóis | 1.150 – 1.200 | Yamashita et al., 2003 |
| Resíduo automotor retalhado | 0,026 – 0,040 | Yamamoto et al., 2005 |
| Combustível derivado recusado | 0,011 – 0,086 | Yamamoto et al., 2005 |
| PCN (mistura técnica) | 930.000 – 1.000.000 | Yamashita et al., 2003 |
| Óleos de transformadores (PCNs não intencionais) | 1.000 – 9.000 | Yamashita et al., 2000 |



1.4- Alternativas

Levando-se em consideração que o uso de PCNs foi interrompido para a maioria das aplicações entre as décadas de 1980/90 e que não se tem registros a respeito de seu uso atual na manufatura de bens de consumo ou processos industriais, a Convenção de Estocolmo não aponta alternativas ou substitutos para este caso. Sabe-se que seus usos foram gradativamente substituídos pelos PCBs como dielétricos em transformadores e que suas aplicações são atualmente em grande parte desempenhadas pelas CPs.

2- INVENTÁRIO DE PCNs NO BRASIL

Seguindo as diretrizes estabelecidas pelo guia para construção de inventários de PCNs elaborado pela Convenção de Estocolmo (UNEP, 2019), a primeira etapa do levantamento consiste na identificação e consulta dos potenciais atores envolvidos em alguma etapa do ciclo de vida do POP em questão e que possam, portanto, prover informações a respeito de seu *status* de produção, utilização e/ou comercialização, pretérita ou presente, a nível nacional.

Para o cumprimento desta etapa, buscou-se contatar diretamente via questionário oficial do Ministério do Meio Ambiente (MMA) – Ofício Circular nº 171 – quaisquer instituições governamentais ou privadas possivelmente detentoras de informações. Dentre os órgãos governamentais foram contactados o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) – órgão encarregado do controle do comércio internacional de algumas substâncias controladas pela Convenção de Estocolmo – o Ministério da Economia (ME), além das secretarias ambientais e federações de indústrias referentes a cada um dos 26 estados brasileiros. Além disso, foi efetuada uma busca exaustiva na internet a fim de elaborar uma listagem das empresas do mercado privado nacional



potencialmente envolvidas na produção de PCNs ou de produtos nos quais tenham sido historicamente aplicados. O levantamento resultou em um total de 1070 instituições subdivididas entre 17 setores de interesse (Tabela 2). Os comunicados oficiais foram enviados via correio eletrônico ou, quando este não disponível, através de suas respectivas páginas na internet.

Tabela 2: Lista de instituições potencialmente envolvidas na produção ou uso de naftalenos policlorados (PCNs - *polychlorinated naphthalenes*) consultadas pelo Ministério do Meio Ambiente: Número de ofícios enviados, número de empresas privadas, número de associações e número de respostas

| Setor | Instituições | Envio de ofício | Empresas | Associações | Resposta positiva | Resposta negativa |
|-----------------------|--------------|-----------------|------------|-------------|-------------------|-------------------|
| Adesivo & Selante | 119 | 114 | 114 | 0 | 0 | 0 |
| Aditivo | 13 | 10 | 9 | 1 | 0 | 0 |
| Borracha | 32 | 31 | 27 | 4 | 0 | 0 |
| Borracha cloropreno | 10 | 9 | 10 | 0 | 0 | 0 |
| Cabo | 104 | 88 | 86 | 2 | 0 | 0 |
| Capacitor | 19 | 16 | 15 | 1 | 0 | 0 |
| Construção civil | 41 | 37 | 28 | 9 | 0 | 0 |
| Fluido de corte | 36 | 35 | 35 | 0 | 0 | 0 |
| Lubrificante | 115 | 91 | 91 | 0 | 0 | 0 |
| Plástico | 11 | 9 | 2 | 7 | 0 | 0 |
| Química | 30 | 26 | 24 | 2 | 0 | 0 |
| Reciclagem | 12 | 12 | 1 | 11 | 0 | 0 |
| Têxtil | 154 | 136 | 124 | 12 | 0 | 0 |
| Tinta e revestimento | 72 | 66 | 62 | 4 | 0 | 0 |
| Transformador | 58 | 56 | 56 | 0 | 0 | 0 |
| Transporte | 109 | 96 | 90 | 6 | 1 | 0 |
| Tratamento de madeira | 135 | 135 | 126 | 9 | 0 | 0 |
| Total | 1070 | 968 | 900 | 68 | 1 | 0 |



O Ofício enviado às instituições buscou esclarecer as instituições contactadas o compromisso nacional enquanto país signatário da Convenção de Estocolmo na elaboração de inventários de POPs, bem como de sua respectiva importância econômica na identificação de necessidades da própria indústria brasileira a serem reportadas ao Secretariado da Convenção como fator a ser ponderado como base de futuras decisões.

2.1- Produção e Uso

Dentre as 968 instituições efetivamente contactadas pelo presente levantamento, foi obtida apenas uma resposta referente à categoria dos naftalenos (Tabela 2). Proveniente do Ministério da Infraestrutura (MI), a declaração relata que a extinta Rede Rodoviária Federal fora usuária de óleos isolantes térmicos parafínicos e naftênicos, bem como de bifenilas policloradas (PCBs), até a época de sua extinção, em 1999. O relato, além de não prover estimativa do volume utilizado durante o tempo de operação da instituição, é inconclusivo a respeito da natureza do composto utilizado. Isto porque atualmente há uma ampla utilização de óleos isolantes naftênicos não clorados com aplicações comuns às CPs, PCBs e PCNs, tais como para transformadores, lubrificantes, fluidos de corte, óleos para compressores e amortecedores, além como plastificantes de borracha. Portanto, a resposta fornecida não esclarece se as substâncias outrora utilizadas se tratam de fato dos antigos PCNs ou dos compostos naftênicos semelhantes aos atuais.

2.2- Comércio

2.2.1 Comercialização nacional e internacional de PCNs

A fim de obter informações relativas aos volumes de importação e exportação de PCNs no Brasil, foi consultada a série histórica de transações comerciais disponibilizada através da



plataforma Comex Stat (<http://comexstat.mdic.gov.br>), pelo Ministério da Economia (ME), antigo Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC), para o período entre 1997 e 2019. As consultas à plataforma são realizadas através dos códigos unificados de registros de mercadorias, sob a Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM), estes por sua vez elaborados a partir dos códigos HS (*Harmonized System Code*) das Nações Unidas. Contudo, cabe ressaltar que os códigos NCM frequentemente são formulados de forma genérica de forma a englobar diversos produtos sob um mesmo registro, impactando, portanto, na elaboração de estimativas mais específicas de fluxos comerciais para produtos desprovidos de NCM específico.

Foram identificados dois NCMs relacionados aos PCNs, ambos registrados sob a descrição “cloronaftalenos”, tendo eles se substituído ao longo do tempo. O NCM 29036915 foi começado a ser utilizado em 1997 e foi descontinuado em 2011, e a partir do ano seguinte passou-se a adotar o NCM 29039915, que vigora até o presente momento. O detalhamento dos volumes de trocas comerciais relativos a ambos os registros se encontra na Tabela A2 em anexo e ilustrado na Figura 1. Durante todo o período de análise não houve registros de exportação do produto, sob nenhum dos códigos, dado este que pode indicar inexistência ou pouca expressividade histórica da produção de PCNs em território nacional. Com relação aos registros de importação, foram verificados valores relativamente baixos em toda a série histórica analisada, totalizando 1,7 tonelada líquida do produto. Nos primeiros 15 anos abrangidos pelo primeiro NCM, foram registrados apenas 53 quilogramas líquidos de importação. No período de 2012 em diante, já sob o segundo NCM, foram registrados 1.666 quilogramas líquidos da substância, sendo que no ano de 2017 foi verificado o pico de importação do produto – com a entrada de 930 kg líquidos em um único ano. O volume importado foi expressivamente reduzido no ano seguinte (46 kg líquidos), mas tornou a crescer em 2019, sendo registrados 185 kg líquidos da substância.

Do volume total importado sob os dois NCMs em questão no período de 1997 a 2019, 53% são provenientes dos Estados Unidos (que contribuiu com 881 kg das importações de



2017), 32% da China, 15% da Índia, e o 1% restante se divide entre Suíça, Itália, Alemanha e Espanha.

Vale ressaltar que o NCM, por ser um código genérico, não fornece informações individualizadas sobre cada um dos produtos que possam estar englobados sob uma mesma classificação. Logo, não é possível distinguir a participação do mono-CN, não listado pela Convenção de Estocolmo, no total de importações registradas sob os NCMs relativos à categoria geral “cloronaftalenos”, dos demais 7 grupos homólogos abrangidos pela classificação de POPs. Contudo, considerando que a utilização mundial de PCNs em bens de consumo tenha se estendido até os anos 2000 no caso da aplicação em borrachas de cloropreno/clorobutadieno, pode se supor que, de 2001 em diante, as importações registradas sob os referidos NCMs sejam representadas apenas pelo congêneres monoclorado.

Levando-se em consideração apenas o período destacado – de 1997 a 2000 – anterior à interrupção total do uso de PCNs a nível mundial relatado pela literatura, não houve quaisquer registros de importações sob o NCM 29036915 pelo país.

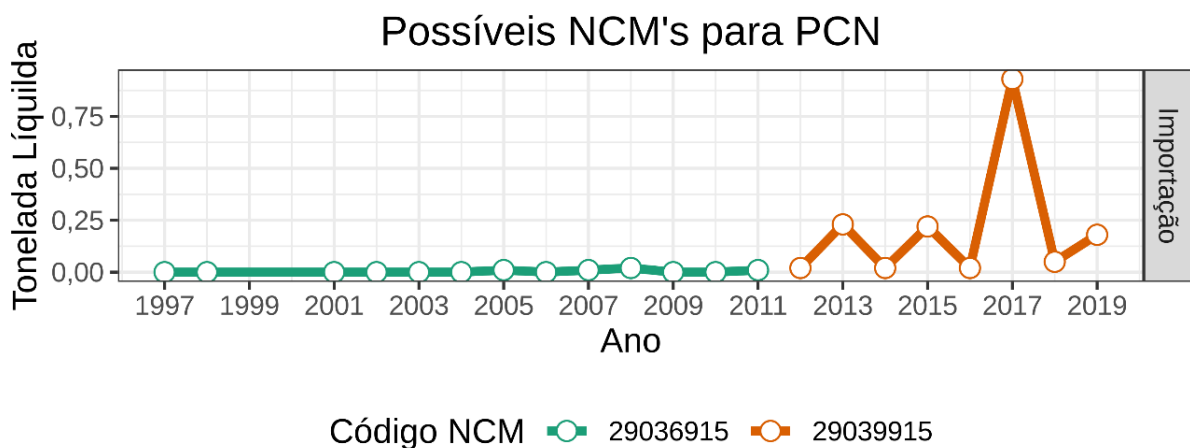


Figura 1: Registro de importação de produtos registrados sob os códigos NCM: 29036915 – cloronaftalenos (em verde); e 29039915 – cloronaftalenos (em laranja). Fonte: Comex Stat (<http://comexstat.mdic.gov.br>). Não foram obtidos registros de exportação durante o período analisado.



Recentemente, a plataforma ComexStat passou a fornecer também os dados de registros históricos sob o código da Nomenclatura Brasileira de Mercadorias (NBM), utilizada para o controle de transações internacionais entre os anos de 1989 e 1996, anteriormente à adoção do código do Mercosul. Sob este antigo sistema, foi identificado que os atuais dois registros NCM genéricos relativos à categoria “cloronaftalenos” foram outrora desmembrados em três códigos NBM específicos:

- NBM 2903691201 – Mono e dicloronaftalenos
- NBM 2903691202 – Tetracloronaftaleno e octacloronaftaleno
- NBM 2903691299 – Qualquer outro cloronaftaleno

Dentre os três códigos, o NBM 2903691202 não apresenta registros de quaisquer transações comerciais no sistema. Os dois NBMs restantes, assim como fora observado no caso dos NCMs, não apresentam registros de exportação durante o período analisado, reforçando a hipótese de que a circulação de PCNs em território brasileiro não tenha sido impulsionada pela produção industrial interna do composto. Os registros de importação (Figura 2; Tabela A3 em Anexo) revelam que, durante os sete anos de vigência do código, foi registrado um volume superior aos 15 anos subsequentes abrangidos pelo código NCM, totalizando 8,9 toneladas líquidas sob os NBMs 2903691201 e 2903691299. O primeiro código, que abrange em parte o congêrene mono-CN, não listado como POP, totalizou um volume de 1,5 toneladas líquidas durante o referido período, enquanto o segundo NBM, que engloba tri-CNs, penta-CNs, hexa-CNs e hepta-CNs apresentou um total de 7,4 toneladas líquidas importadas, das quais 6 toneladas foram adquiridas apenas no ano de 1996. Sabe-se que tais congêneres são considerados representativos quanto aos seus potenciais de bioacumulação e biomagnificação, e que estiveram presentes em diversas das misturas comerciais Halowax (1001, 1099, 1013, 1014), outrora comercializadas a nível mundial (ver Tabela 1 para mais detalhes a respeito das principais misturas comerciais).

Do volume total importado sob o NBM 2903691201 (mono e dicloronaftalenos), 53% são provenientes da Alemanha, 33% da Bélgica e 13% da Holanda. Já com relação ao NBM



2903691299 (qualquer outro cloronaftaleno), 54% foram fornecidos pelo Reino Unido (de onde vieram 4 toneladas do volume importado em 1996), 27% pela Alemanha e 19% dos Estados Unidos. Não se têm registros de a quais finalidades foram direcionadas o volume importado pelo país.

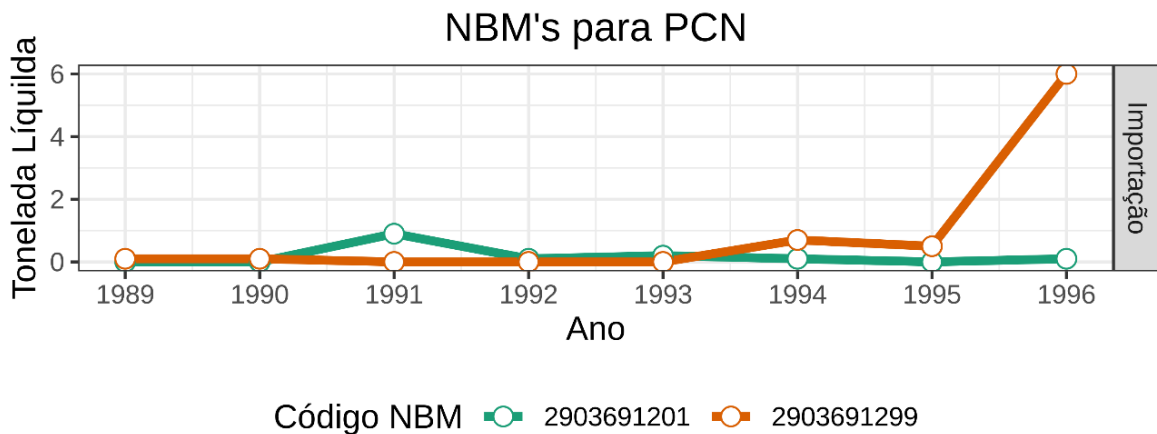


Figura 2: Registros de importação de produtos sob os códigos NBM: 2903691201 – Mono e dicloronaftalenos (em verde); 2903691299 – Qualquer outro cloronaftaleno (em laranja). Fonte: Comex Stat (<http://comexstat.mdic.gov.br>). Não foram obtidos registros de exportação para ambos os NBM's durante o período analisado, tampouco de quaisquer transações comerciais para o NBM 2903691202 – Tetracloronaftaleno e octacloronaftaleno.

Ainda a fim de investigar a disponibilidade do produto técnico no mercado nacional, foram realizadas pesquisas via plataforma *Google*, em busca de eventuais ofertas na internet. Para tanto, utilizaram-se diversas combinações de palavras-chave entre sinônimos relativos ao composto (“PCN”, “cloronaftaleno”, “naftaleno clorado”, “naftaleno policlorado”, além dos nomes comerciais) e “comprar”, “venda” ou “Brasil”. A partir das buscas, não foram encontrados dados que apontem para a comercialização de PCNs no país.

Não foram identificados NCMs ou NBM's referentes aos naftalenos fluorados, para cujo processo de fabricação (especificamente para octafluoronaftalenos) é permitido o uso de PCNs como exceção específica de acordo com o Anexo C da Convenção de Estocolmo.



Desta forma, supõe-se a ausência de uma demanda nacional pela produção destes compostos, que por sua vez pudesse gerar uma demanda indireta pela produção e uso de PCNs.

Em função da ausência de códigos HS para PCNs no sistema das Nações Unidas, fica impossibilitada a obtenção de demais dados de comércio a nível mundial. Contudo, reforça-se o dado apresentado anteriormente no Quadro 2, que aponta para diversas empresas, em sua maioria chinesas, que atualmente comercializam naftalenos clorados em suas respectivas páginas da internet. Futuros levantamentos especificamente direcionados às empresas em questão fazem-se necessários para a elaboração de estimativas mais fidedignas dos volumes de produção atuais e à quais aplicações a produção é direcionada.

2.2.2- Comercialização de produtos que possam conter PCNs

Considera-se que a produção de PCNs para aplicação em bens de consumo e em processos industriais tenha se encerrado nos anos 1980/90 – com exceção do cloropreno, que se estendeu até o ano 2000 – e que, portanto, não estejam mais presentes nos produtos em que costumavam ser aplicados. Desta forma, a importação e exportação de mercadorias não são mais consideradas atuais vias diretas de entrada e saída do contaminante nos países. Por este motivo, o guia para preparo de inventários de PCNs elaborado pela Convenção de Estocolmo (UNEP, 2019) não prevê a contabilização de dados dos fluxos comerciais relacionados a produtos previamente portadores de PCNs como etapa estruturante, não tendo sido portando considerados no presente levantamento. De forma geral, apesar de não se esperar encontrar PCNs em produtos de atual circulação no mercado, mercadorias de segunda mão com maior durabilidade ou resíduos podem ainda conter PCNs em sua composição.

Dado sua utilização mais extensa nesta classe de produtos, apresentam-se a seguir os dados relativos à borracha de cloropreno (Figura 4), cujo pico de importações foi justamente no ano 2000 (10.221 toneladas líquidas), época em que o material poderia possivelmente



ainda conter PCNs em sua composição, antes de ser amplamente substituído pelas CPs. As estimativas aqui expostas baseiam-se sobre os dois NCMs identificados como relacionados à borracha de cloropreno:

- NCM 40024100 – Látex de borracha de cloropreno (clorobutadieno – CR)
- NCM 40024900 – Outras borrachas de cloropreno – clorobutadieno – em chapas, etc

De acordo com o balanço comercial – importação e exportação – feito para o NCM 40024100 (Látex de borracha de cloropreno (clorobutadieno – CR)), via Comex Stat, o Brasil importou aproximadamente 378,8 toneladas desses produtos, no período de 1997 a 2000, e não houve exportações no período (Figura 3; Tabela A4 – em anexo). Os principais fornecedores dos produtos registrados sob esse NCM para o Brasil foram os Estados Unidos (38%), Alemanha (28%) e Japão (21%), França (6%) e Taiwan (5%).

Já o balanço comercial feito para o NCM 40024900 (Outras borrachas de cloropreno – clorobutadieno – em chapas, etc), mostrou que o Brasil importou cerca de 37.761,4 toneladas desses produtos no período de 1997 a 2000 e exportou 32,5 toneladas líquidas no mesmo período (Figura 3; Tabela A4 – em anexo). Sendo Estados Unidos (59%), Alemanha (18%), Japão (15%) e França (5%) os principais fornecedores dos produtos registrados sob esse NCM em questão para o Brasil e Uruguai (92%) e Argentina (6%) os principais compradores.

De uma forma geral, compilando-se ambos os NCMs e considerando apenas o período entre 1997 e 2000 – visto que a partir de então reporta-se que foi suspensa sua aplicação para esta finalidade – pode-se dizer que o Brasil importou um total de 38.140 toneladas e exportou 32,5 toneladas de borracha de cloropreno potencialmente impregnadas com PCNs. Em um cenário em que a totalidade dos referidos volumes contivesse PCNs em sua formulação e considerando que a concentração reportada destes compostos em borrachas de cloropreno possa variar entre 36 e 45 g·kg⁻¹ (Yamamoto et al. 2005; Yamashita et al.



2003), pode-se estimar que, entre 1997 e 2000, ingressaram cerca de 1.373 a 1.716 toneladas líquidas de PCNs e cerca de 1,2 a 1,5 toneladas líquidas teriam deixado o país.

Em se considerando o período total disponibilizado pela plataforma ComexStat, de 1997 a 2019 foram importadas 6.108 toneladas e exportadas 10 toneladas sob o NCM 40024100. Para o mesmo período, os volumes registrados para o NCM 40024900 são de 174.959 toneladas de importação e 379 toneladas de exportação. Contudo, a contabilização de todo o período registrado não apresenta relevância para o cálculo de estimativas fidedignas a respeito da entrada de PCNs no país.

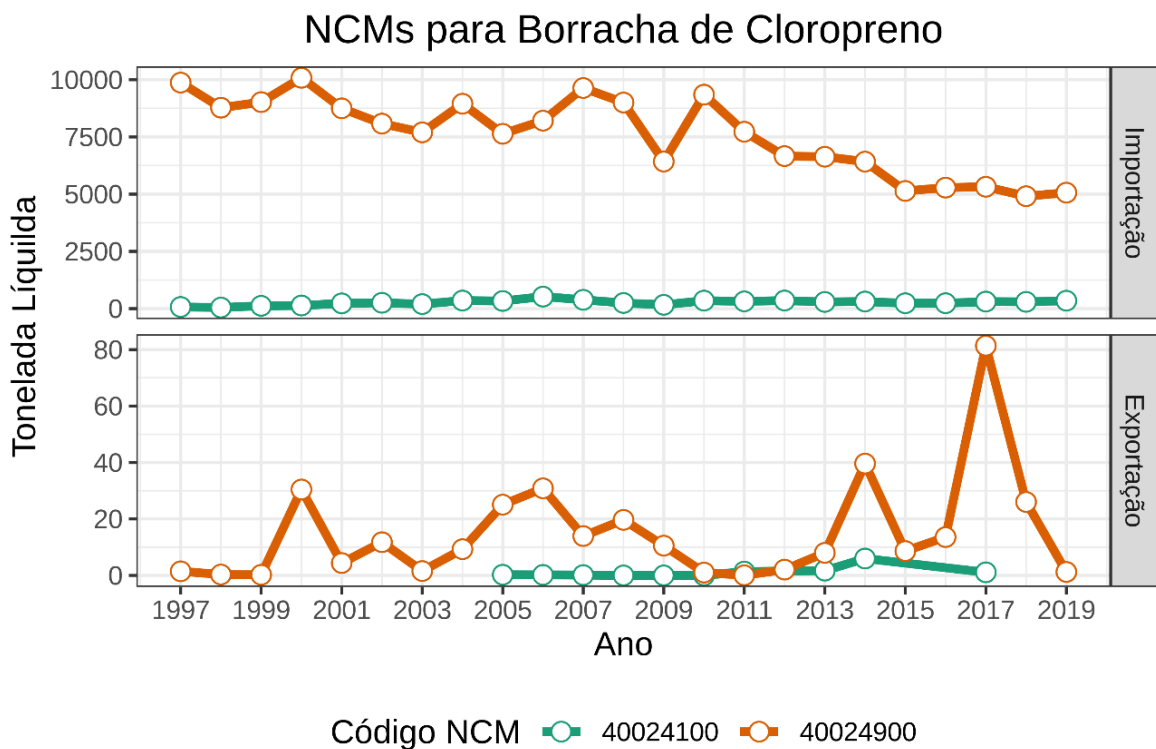


Figura 3: Balanço comercial (importação e exportação), de janeiro de 1997 a dezembro de 2019, de produtos registrados sob os NCM: 40024100 – Látex de borracha de cloropreno (clorobutadieno – CR) (em verde) e 40024900 – Outras borrachas de cloropreno – clorobutadieno – em chapas, etc. (em laranja), em toneladas líquidas. Fonte: Comex Stat (<http://comexstat.mdic.gov.br>).



Em consulta aos dados históricos registrados sob o código NBM para o período entre 1989 e 1996, foram identificados quatro registros relacionados ao cloropreno:

- NBM: 4002410000 – Borracha de cloropreno (clorobutadieno), em látex
- NBM 4002490100 – Borracha de cloropreno (clorobutadieno), em chapas/fls/
- NBM 4002499900 – Borracha de cloropreno (clorobutadieno), em outs.formas
- NBM 4008119901 – Chapas/fls/; etc de cloropreno c/s reforço de tecido

De acordo com o balanço comercial – importação e exportação – feito para o NBM 4002410000 (borracha de cloropreno (clorobutadieno), em látex), via Comex Stat, o Brasil importou aproximadamente 1.749,5 toneladas líquidas desses produtos, no período de 1989 a 1996, e exportou 1,2 toneladas no mesmo período (Figura 4; Tabela A5 – em anexo). Sendo os Estados Unidos (76%) e Alemanha (22%) os principais fornecedores dos produtos registrados sob esse NBM em questão para o Brasil e a Bolívia seu único comprador.

Com relação ao balanço comercial referente ao NBM 4002490100 (borracha de cloropreno (clorobutadieno), em chapas/fls), o Brasil importou aproximadamente 214,6 toneladas líquidas desses produtos, no período de 1989 a 1996, e exportou 2,4 toneladas no mesmo período (Figura 4; Tabela A5 – em anexo). Sendo os Estados Unidos (53%), Bélgica (32%), Japão (8%) e Alemanha (4%) os principais fornecedores dos produtos registrados sob esse NBM em questão para o Brasil e a Argentina seu único comprador.

No caso do NBM 4002499900 (borracha de cloropreno (clorobutadieno), em outs.formas), o balanço comercial brasileiro aponta para a importação de aproximadamente 611.030,7 toneladas líquidas desses produtos, no período de 1989 a 1996, e exportação de 53,6 toneladas no mesmo período (Figura 4; Tabela A5 – em anexo). Sendo Alemanha (70%), Estados Unidos (20%) e Reino Unido (5%) os principais fornecedores dos produtos registrados sob esse NBM em questão para o Brasil e Estados Unidos (60%), Uruguai (21%) e Argentina (19%) os principais compradores.



Por fim, o balanço comercial do NBM 4008119901 (chapas/fls/; etc de cloropreno c/s reforço de tecido) registra importação de aproximadamente 3.012,3 toneladas líquidas desses produtos, no período de 1989 a 1996, e exportação de 1,8 toneladas no mesmo período (Figura 4; Tabela A5 – em anexo). Sendo os Estados Unidos (61%), Taiwan (32%) e Japão (6%) os principais fornecedores dos produtos registrados sob esse NBM em questão para o Brasil e a Bolívia (50%), Uruguai (33%), Argentina (11%) e Peru (6%) os seus compradores.

NBMs para Borracha de Cloropreno

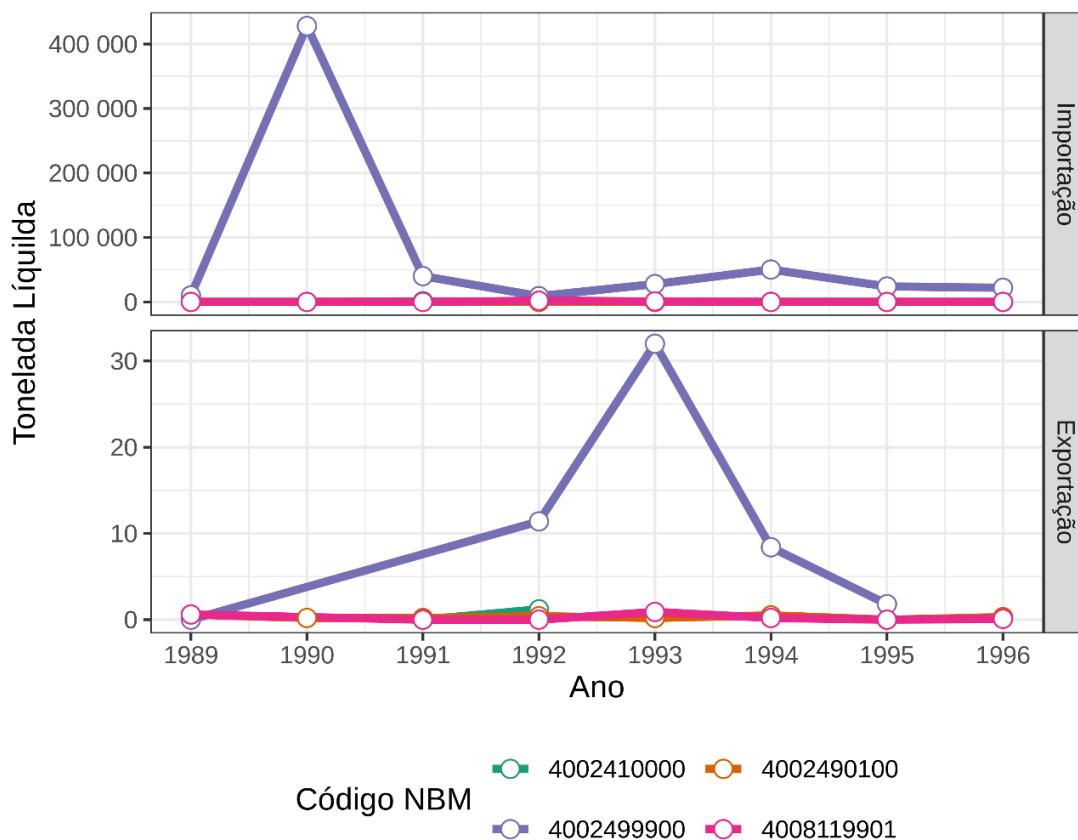


Figura 4: Balanço comercial (importação e exportação), de janeiro de 1997 a dezembro de 2019, de produtos registrados sob os NBMs: 4002410000 – Borracha de cloropreno (clorobutadieno), em látex (em verde); 4002490100 – Borracha de cloropreno (clorobutadieno), em chapas/fls/ (em laranja); 4002499900 – Borracha de cloropreno (clorobutadieno), em outs.formas (em roxo); 4008119901 – Chapas/fls/; etc de cloropreno c/s reforço de tecido (em rosa). Fonte: Comex Stat (<http://comexstat.mdic.gov.br>).



De uma forma geral, compilando-se os quatro NBMs para o período entre 1989 e 1996, pode-se dizer que o Brasil importou um total de 616.007 toneladas e exportou 59 toneladas de borracha de cloropreno potencialmente impregnadas com PCNs. Em um cenário em que a totalidade dos referidos volumes contivesse PCNs em sua formulação e considerando que a concentração reportada destes compostos em borrachas de cloropreno pode variar entre 36 e 45 g·kg⁻¹ (Yamamoto et al. 2005; Yamashita et al. 2003), pode-se estimar que, entre 1989 e 1996, ingressaram cerca de 22.176,25 a 27.720,32 toneladas líquidas de PCNs e cerca de 2,12 a 2,66 toneladas líquidas teriam deixado o país.

2.2.3- Estimativas Gerais

A partir do levantamento realizado através dos balanços comerciais apresentados pode-se estimar que, compilando todo o volume dos NCMs e NBMs relativos aos cloronaftalenos aos volumes de PCNs estimados a estarem contidos em borrachas de cloropreno importadas até o ano 2000, tenham adentrado em território nacional entre 23.558,15 a 29.445,22 toneladas líquidas de PCNs no referido período. Guardam-se nesta estimativa as ressalvas: (i) foi considerado que a totalidade da borracha de cloropreno importada entre 1989 e 2000 contivesse PCNs em sua formulação; (ii) o NBM 2903691201, sob o qual se registrou a importação de 1,5 tonelada, declaradamente abrange os mono-CNs, não listados como POPs, dos quais não se pode distinguir a participação com relação aos di-CNs contemplados pelo mesmo registro; (iii) não foram contabilizados os dados após o ano de 2000 para os NCMs relativos à categoria “cloronaftalenos” por se considerar que a partir desta data tenham sido importados apenas mono-CNs sob este registro; não houve, contudo, registros de importação para estes NCMs entre 1997 e 2000.



Com base nas estimativas elaboradas, pode-se sugerir que a maior parte dos PCNs que adentraram o país o fez via importação de borracha de cloropreno impregnada com PCNs enquanto aditivos. De forma semelhante, pode-se sugerir que um volume muito superior do contaminante tenha entrado o país anteriormente ao declínio de sua produção a nível mundial nas décadas de 1970/80, através dos demais produtos aos costumavam ser aplicados.

2.3 - PCNs não Intencionais

De acordo com informação compilada pelo Guia para o Preparo de Inventários de PCNs (UNEP 2017), misturas comerciais de PCBs podem conter PCNs produzidos não intencionalmente em concentrações que variam entre 40 e 1.300 mg/kg. Paralelamente, tomando-se como base o inventário nacional de PCBs realizado em 2015, foi estimado um volume de 823.886 litros de óleo possivelmente contaminado por PCBs com base na análise de 1.940 equipamentos ativos e fora de uso. Assim sendo, estima-se que possa haver no país um montante entre 33 g a 1.071 kg de PCNs não intencionais contido nestas misturas. Entretanto, é importante ressaltar que tais números são certamente subestimados, dado a baixa representatividade questionários respondidos em relação ao total enviado, assim como devido ao fato de que as análises químicas cobriram apenas uma parcela do total de equipamentos existente em território nacional. Ainda assim, considerando que os PCBs foram amplamente utilizados no país, sobretudo contidos no óleo Ascarel, pode-se supor que tenha ocorrido um representativo aporte de PCNs não intencionais ao ambiente durante seu ápice de uso no Brasil.

A presença de PCNs foi detectada ainda em misturas comerciais de CPs na Ásia, em concentrações semelhantes às de PCBs, medidas em partes por milhão (TAKASUGA, 2012). O estudo atribui sua formação à presença de impurezas aromáticas nas formulações de CPs, que levam à formação de PCNs durante o processo industrial de cloração dos alcanos para a



fabricação de CPs. Desta forma, levando-se em consideração que a produção anual de parafinas cloradas ultrapassa o montante de 1 milhão de toneladas, é possível esta possa ser uma importante via de introdução de PCNs ao ambiente atualmente. Contudo, ainda se carece de estudos mais precisos que apontem faixas de concentração de resíduos de PCNs nas principais misturas comerciais de CPs, bem como nos produtos em que estes são aplicados.

3- PLANO DE AÇÃO

Em se considerando que a maioria dos usos dos PCNs foi interrompida há cerca de três décadas e que não há indícios de que o Brasil tenha em algum momento atuado como produtor de suas misturas técnicas, uma etapa importante de do levantamento se concentra nas análises químicas, visto que a maior parte destes compostos que adentraram o país provavelmente o fizeram através da importação de produtos aos quais foram anteriormente aplicados. Nesta fase, será necessária a avaliação sobretudo de materiais de aplicação aberta de construções da década de 1960/70 – como selantes, tintas e revestimentos externos (a prova d'água e anticorrosivos), bem como em capacitores – uma vez que estes possuem durabilidade prolongadas e podem ainda estar presentes em estruturas construídas durante o período auge de utilização mundial dos PCNs. Cabe também a sondagem de espumas de cloropreno, às quais PCNs foram aplicados até o início dos anos 2000, podendo ainda estar em utilização no país. Será ainda de suma importância a avaliação de produtos ociosos aos quais foram utilizados PCBs - em especial óleos de transformadores - e, principalmente, artigos com destaque para a aplicação de CPs, substâncias anualmente produzidas em volumes expressivos, a fim de estimar o aporte de PCNs oriundos de produção não intencional.

Esta etapa tem por objetivo identificar a presença do contaminante no país, cuja via de entrada tenha sido a importação e utilização de produtos de longas vidas úteis aos quais



PCNs foram tradicionalmente empregados. Outras aplicações de curta vida útil – como cabos, borrachas e plásticos – permanecem como foco de interesse para análises químicas por serem atualmente grandes representantes de aplicação de CPs e que, portanto, permitirão a quantificação de PCNs produzidos não intencionalmente que permanecem em circulação no mercado. Assim sendo, esta parte do levantamento deve ser conduzida em conjunto com o inventário nacional das parafinas cloradas de cadeia curta (SCCPs – *short chain chlorinated paraffins*) também previsto pelo presente projeto, a fim de analisar amostras estratégicas que possam também fornecer informações relevantes ao levantamento de PCNs. Além disso, faz-se necessária a sondagem de empresas de reciclagem e recebimento de resíduos para a avaliação da presença de PCNs em materiais de descarte e, portanto, propensos a serem disponibilizados no meio ambiente caso não sejam adotadas medidas apropriadas de gestão de resíduos. O método para análise cromatográfica de todas as classes de PCNs a ser utilizado nesta etapa já se encontra desenvolvido e descrito em UNEP (2019b) e pronto para ser implementado para as amostras selecionadas na Universidade Federal do Rio de Janeiro.

4- REFERÊNCIAS

- Beland FA, Geer RD (1973) Identification of chlorinated naphthalenes in halowaxes 1031, 1000, 1001, and 1099. *J. Chromatogr.* 84, 59-65.
- Bidleman T F, Helm P A, Braune B M, Gabrielsen G W (2010) Polychlorinated naphthalenes in polar environments – A review. *Science of the Total Environment* 408:2919–2935
- Branco, J. C. (2016) *Convenção De Estocolmo Sobre Poluentes Orgânicos Persistentes: Impactos Ambientais, Sociais E Econômicos Associados*. Dissertação de Mestrado UNIFESP
- Clausen J, Robb J, Curry D, Korte N (2004) A case study of contaminants on military ranges: Camp Edwards, Massachusetts, USA. *Environ Pollut* 129 (1), 13-21.



- Crookes M. Howe P. (1993) Environmental hazard assessment: Halogenated naphthalenes. Building Research Establishment, Toxic Substances Division, Directorate for Air, Climate and Toxic Substances, Department of the Environment Report No TSD/13.
- Environment Canada (2011) Risk Management Approach for Polychlorinated Naphthalenes (PCNs). Government of Canada, July 2 2011
- EMPA (2006) Flammschutz mit unbekanntem Folgen. Medienmitteilung 2. Oktober 2006.
- Falandysz J (1998) Polychlorinated naphthalenes: an environmental update. *Environ Pollut* 101, 77–90.
- Falandysz L (2003) Chloronaphthalenes as food-chain contaminants: a review. *Food Additives and Contaminants*, pp. 1–20
- Generalstab Schweizer Armee (1945) Bericht des Chefs des Generalstabes der Armee an den Oberbefehlshaber der Armee über den Aktivdienst 1939-1945. Pp 322-326.
- Gevao, B, Harner, T, Jones, KC (2000) Polychlorinated Naphthalene Concentrations and Deposition Fluxes in a Dated Lake Core. *Eviron. Sci. Technol.* 2000, 34, 33-38
- Hayward D (1998) Identification of bioaccumulating polychlorinated naphthalenes and their toxicological significance. *Environmental research* 76(1), 1–18.
- Harner T, Kylin H, Bidleman T F, Halsall C, Strachan W M J, Leonard A (1998) Polychlorinated Naphthalenes and Coplanar Polychlorinated Biphenyls in Arctic Air. *Environ. Sci. Technol.* 32(21):3257–3265
- Hewitt A D, Jenkins T F, Bigl S R, Clausen J L, Craig H, Walsh M E, Martel R, Nieman K (2011) EPA federal facilities forum issue paper: Site characterization for munitions constituents.
- IISD (International Institute for Sustainable Development) (2015) Summary of the Meetings of the Conference of the Parties to the Basel, Rotterdam and Stockholm Conventions: 4-15 May 2015. *Earth Negotiation Bulletin* Vol. 15 No. 230, 19. May 2015.
- IPCS (2001) Chlorinated Naphthalenes. Concise International Chemical Assessment Document 34 World Health Organization. Geneva, 2001. ISBN 92-4-153034-0.



- Ishaq R, Persson, N.J, Zebühr, Y, Broman, D (2009) . CNs, PCDD/Fs, and Non-orthoPCBs, in Water and Bottom Sediments from the Industrialized Norwegian Grenlandsfjords. *Environ. Sci. Technol.* 43:3442–3447
- Jakobsson E, Asplund L (2000). Polychlorinated Naphthalenes (CNs). In: J. Paasivirta, ed. *The Handbook of Environmental Chemistry, Vol. 3 Anthropogenic Compounds Part K, New Types of Persistent Halogenated Compounds*. Berlin, Springer-Verlag
- Lee SC et al.(2007) Polychlorinated naphthalenes in the global atmospheric passive sampling (GAPS) study. *Environ. Sci. Technol.* 41: 2680-2687.
- NICNAS (National Industrial Chemical Notification and Assessm. Scheme) (2002) Polychlorinated Naphthalenes.
- Opperhuizen A, Van der Volde EW, Gobas FAPC, Liem DAK, Van Der Steen JMD (1985) Relationship between bioconcentration in fish and steric factors of hydrophobic chemicals. *Chemosphere* 14:1871–1896
- Pan X, Tang J, Chen Y, Li J, Zhang G (2011) Polychlorinated naphthalenes (PCNs) in riverine and marine sediments of the Laizhou Bay area, North China. *Environmental Pollution* 159, 3515-3521.
- Puzyn T, Suzuki N, Haranczyk M (2008b) How Do the Partitioning Properties of Polyhalogenated POPs Change When Chlorine Is Replaced with Bromine? *Environ. Sci. Technol.*, 2008, 42 (14), pp 5189–5195
- Redfield A C, Hutchins L W, Deevy E S, Ayers J C, Turner H J, Laidlaw F B (1952) Marine fouling and its prevention. Prepared for Bureau of Ships Navy Department. United States Naval Institute Annapolis, Maryland.
- UNECE 2007: Exploration of management options for Polychlorinated Naphthalenes (PCN), Paper for the 6th meeting of the UNECE CLRTAP Task Force on Persistent Organic Pollutants, Vienna, 4-6 June 2007. 20 June 2007.



UNEP (2012) Risk profile on chlorinated naphthalenes. Addendum Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its eighth meeting. UNEP/POPS/POPRC.8/16/Add.1

UNEP (2013) Draft risk management evaluation: chlorinated naphthalenes. UNEP/POPS/POPRC.9/4

UNEP (2015a) Report of the Conference of the Parties to the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants on the work of its seventh meeting. SC-7/14: Listing of polychlorinated naphthalenes. UNEP/POPS/COP.7/36.

UNEP (2019a) Guidance on preparing inventories of polychlorinated naphthalenes (PCNs); UNEP/POPS/COP.8/INF/19 (Revised 2019)

UNEP (2019b) Preliminary Assessment of inventory of PCNs, SCCPs and PCBs in South Africa

Van de Plassche E, Schwegler A (2002) Polychlorinated Naphthalenes, Royal Haskoning, The Netherlands, Ministry of VROM/DGM, August 2002

Yamamoto T, Noma Y, Hirai Y, Nose K, Sakai S (2005) Congener-specific analysis of Polychlorinated Naphthalenes in the waste samples. *Organohalogen Compounds* 67, 708-711. <http://www.dioxin20xx.org/pdfs/2005/05-453.pdf>. Access 23.11.2016.

Yamamoto T, Noma Y, Sakai S (2016) Thermal destruction of wastes containing polychlorinated naphthalenes in an industrial waste incinerator. *Environ Sci Pollut Res* DOI 10.1007/s11356-016-7100-8.

Yamashita N, Kannan K, Imagawa T, Miyazaki A, Giesy J P (2000) Concentrations and Profiles of Polychlorinated Naphthalene Congeners in Eighteen Technical Polychlorinated Biphenyl Preparations. *Environ. Sci. Technol.* 34, 4236-4241.

Yamashita N, Taniyasu S, Hanari N, Falandysz J (2003) Polychlorinated naphthalene contamination of some recently manufactured industrial products and commercial goods in Japan. *J Environ Sci Health A* 38:1745–1759.



5- ANEXOS

5.1. Registros CAS, nomenclaturas IUPAC e sinônimos químicos para os 75 isômeros de PCNs

Tabela A1: Registros CAS, nomenclaturas IUPAC e sinônimos químicos para os 75 isômeros e grupos homólogos de PCNs (Fontes: Jakobsson & Asplund, 2000; PubChem)

| Grupo | Sigla | CAS | Nome IUPAC / Sinônimos |
|-----------------|-------|------------|---|
| Mono-CNs | - | 25586-43-0 | monochloronaphtalene |
| | CN-1 | 90-13-1 | 1-chloronaphtalene, alpha-Chloronaphthalene; Naphthalene; 1-chloro-; 1-Naphthyl chloride; Chloronaphthalene; 1-Chloronaphthalene; alpha-Naphthyl chloride; 1-Chlornaftalen; alpha-Chloronaphthalene; alpha.-Chloronaphthalene; 1-chloronaphthalen; 1-chloronaphthalen; Naphthalene, chloro-; 1-Chloro Naphthalene; 1-chloronaphthalin; 1-Chloronaphtalene; 5-chloronaphthalene; 1-Naphthalenyl chloride; alpha.-naphthyl chloride |
| | CN-2 | 91-58-7 | 2-chloronaphtalene; Naphthalene, 2-chloro-; 2-Chloro naphthalene; beta-Chloronaphthalene; 2-Chlornaftalen; 2-Chloronaphthalene; .beta.-Chloronaphthalene; 2-Chlornaftalen; 2-chloronaphthalen; 7-chloronaphthalene; 2-naphthyl chloride |
| Di-CNs | - | 28699-88-9 | dichloronaphtalene |
| | PCN-3 | 2050-69-3 | 1,2-dichloronaphtalene; Naphthalene, 1,2-dichloro-; 1,2-Dichloro-naphthalene; Dichloro naphthalene; Naphthalene,2-dichloro- |
| | PCN-4 | 2198-75-6 | 1,3-dichloronaphtalene; Dichloronaphthalene; Naphthalene, dichloro-; Naphthalene, 1,3-dichloro-; 1,3-Dichlor-naphthalin |
| | PCN-5 | 1825-31-6 | 1,4-dichloronaphtalene; Naphthalene, 1,4-dichloro-; 1,4-Dichloro-naphthalene; Naphthalene,4-dichloro-; 1,4-Dichloronaphthalene |



| | | |
|----------------|------------|---|
| PCN-6 | 1825-30-5 | 1,5-dichloronaphthalene; Naphthalene, 1,5-dichloro-; 1,5-Dichloro-naphthalene |
| PCN-7 | 2050-72-8 | 1,6-dichloronaphthalene; Naphthalene, 1,6-dichloro-; 1,6-Dichlor-naphthalin; Naphthalene,1,6-dichloro- |
| PCN-8 | 2050-73-9 | 1,7-dichloronaphthalene; Naphthalene, 1,7-dichloro-; 1,7-Dichlor-naphthalin |
| PCN-9 | 2050-74-0 | 1,8-dichloronaphthalene; Naphthalene, 1,8-dichloro- |
| PCN-10 | 2050-75-1 | 2,3-dichloronaphthalene; Naphthalene, 2,3-dichloro-; 2,3-Dichloro-naphthalene; 2,3-Dichlor-naphthalin |
| PCN-11 | 2065-70-5 | 2,6-dichloronaphthalene; Naphthalene, 2,6-dichloro-; Naphthalene,2,6-dichloro-; 2,6-Dichlorophthalene; 2,6-Dichlor-naphthalin; epsilon-Dichloronaphthalene; 2,6-bis(chloranyl)naphthalene |
| PCN-12 | 2198-77-8 | 2,7-dichloronaphthalene; Naphthalene, 2,7-dichloro-; 2,7-Dichloro-naphthalene; 2,7-Dichlor-naphthalin; Naphthalene,7-dichloro- |
| Tri-CNs | - | Trichloronaphthalenes |
| PCN-13 | 50402-52-3 | 1,2,3-Trichloronaphthalene; Naphthalene, 1,2,3-trichloro; Trichlor-naphthalin; Naphthalene, 1,2,3-trichloro- |
| PCN-14 | 50402-51-2 | 1,2,4-Trichloronaphthalene; Naphthalene, 1,2,4-trichloro; Naphthalene, 1,2,4-trichloro-; 1.2.4-Trichlor-naphthalin; 1,2,4-trichloro-naphthalene |
| PCN-15 | 55720-33-7 | 1,2,5-Trichloronaphthalene; Naphthalene, 1,2,5-trichloro; Naphthalene, 1,2,5-trichloro-; 1.2.5-Trichlor-naphthalin; Naphthalene,1,2,5-trichloro- |
| PCN-16 | 51570-44-6 | 1,2,6-Trichloronaphthalene; Naphthalene, 1,2,6-trichloro; Naphthalene, 1,2,6-trichloro-; 1,2,6-Trichlor-naphthalin; Naphthalene,1,2,6-trichloro- |
| PCN-17 | 55720-34-8 | 1,2,7-Trichloronaphthalene; Naphthalene, 1,2,7-trichloro; Naphthalene, 1,2,7-trichloro-; 1,2,7-Trichlor-naphthalin; Naphthalene,1,2,7-trichloro-; |
| PCN-18 | 55720-35-9 | 1,2,8-Trichloronaphthalene; Naphthalene, 1,2,8-trichloro; Naphthalene, 1,2,8-trichloro- |
| PCN-19 | 51570-43-5 | 1,3,5-trichloronaphthalene; Naphthalene, 1,3,5-trichloro; Naphthalene, 1,3,5-trichloro- |
| PCN-20 | 55720-36-0 | 1,3,6-trichloronaphthalene; Naphthalene, 1,3,6-trichloro; Naphthalene, 1,3,6-trichloro- |



| | | |
|------------------|-------------|--|
| PCN-21 | 55720-37-1 | 1,3,7-Trichloronaphthalene; Naphthalene, 1,3,7-trichloro- |
| PCN-22 | 55720-38-2 | 1,3,8-Trichloronaphthalene; Naphthalene, 1,3,8-trichloro; Naphthalene, 1,3,8-trichloro-; 1.3.8-Trichlor-naphthalin |
| PCN-23 | 2437-55-0 | 1,4,5-Trichloronaphthalene; Naphthalene, 1,4,5-trichloro; Naphthalene, 1,4,5-trichloro-; 1.4.5-Trichlor-naphthalin |
| PCN-24 | 2437-54-9 | 1,4,6-Trichloronaphthalene; Naphthalene, 1,4,6-trichloro; Naphthalene, 1,4,6-trichloro-; 1.4.6-Trichlor-naphthalin; 1,4,6-trichloro-naphthalene |
| PCN-25 | 55720-39-3 | 1,6,7-Trichloronaphthalene; Naphthalene, 1,6,7-trichloro; Naphthalene, 1,6,7-trichloro-; Naphthalene,1,6,7-trichloro- |
| PCN-26 | 55720-40-6 | 2,3,6-Trichloronaphthalene; Naphthalene, 2,3,6-trichloro-; 2.3.6-Trichlor-naphthalin; Naphthalene,2,3,6-trichloro- |
| Tetra-CNs | - | tetrachloronaphtalenes |
| PCN-27 | 20020-02-4 | 1,2,3,4-Tetrachloronaphthalene; Naphthalene, 1,2,3,4-tetrachloro-; Naphthalene, 1,2,3,4-tetrachloro-; Naphthalene,tetrachloro-; Naphthalene,1,2,3,4-tetrachloro- |
| PCN-28 | 53555-63-8 | 1,2,3,5-Tetrachloronaphthalene; Naphthalene, 1,2,3,5-tetrachloro; Naphthalene, 1,2,3,5-tetrachloro-; Naphthalene,1,2,3,5-tetrachloro- |
| PCN-29 | 149864-78-8 | Naphthalene, 1,2,3,6-tetrachloro; 1,2,3,6-tetrachloronaphthalene; Naphthalene, 1,2,3,6-tetrachloro- |
| PCN-30 | 55720-41-7 | 1,2,3,7-Tetrachloronaphthalene; Naphthalene, 1,2,3,7-tetrachloro; Naphthalene, 1,2,3,7-tetrachloro-; Naphthalene,1,2,3,7-tetrachloro- |
| PCN-31 | 149864-81-3 | 1,2,3,8-tetrachloronaphthalene; Naphthalene, 1,2,3,8-tetrachloro; Naphthalene,1,2,3,8-tetrachloro- |
| PCN-32 | 6733-54-6 | 1,2,4,5-Tetrachloronaphthalene; Naphthalene, 1,2,4,5-tetrachloro; Naphthalene, 1,2,4,5-tetrachloro- |
| PCN-33 | 51570-45-7 | 1,2,4,6-Tetrachloronaphthalene; Naphthalene, 1,2,4,6-tetrachloro; Naphthalene, 1,2,4,6-tetrachloro-; Naphthalene,1,2,4,6-tetrachloro- |
| PCN-34 | 67922-21-8 | 1,2,4,7-Tetrachloronaphthalene; Naphthalene, 1,2,4,7-tetrachloro; Naphthalene, 1,2,4,7-tetrachloro- |
| PCN-35 | 6529-87-9 | 1,2,4,8-Tetrachloronaphthalene; Naphthalene, 1,2,4,8-tetrachloro; Naphthalene, 1,2,4,8-tetrachloro-; Naphthalene,1,2,4,8-tetrachloro- |



| | | |
|------------------|-------------|--|
| PCN-36 | 67922-22-9 | 1,2,5,6-Tetrachloronaphthalene; Naphthalene, 1,2,5,6-tetrachloro; Naphthalene, 1,2,5,6-tetrachloro- |
| PCN-37 | 67922-23-0 | 1,2,5,7-Tetrachloronaphthalene; Naphthalene, 1,2,5,7-tetrachloro; Naphthalene, 1,2,5,7-tetrachloro- |
| PCN-38 | 149864-80-2 | 1,2,5,8-Tetrachloronaphthalene; Naphthalene, 1,2,5,8-tetrachloro; Naphthalene, 1,2,5,8-tetrachloro- |
| PCN-39 | 149864-79-9 | 1,2,6,7-Tetrachloronaphthalene; Naphthalene, 1,2,6,7-tetrachloro; Naphthalene, 1,2,6,7-tetrachloro- |
| PCN-40 | 67922-24-1 | 1,2,6,8-Tetrachloronaphthalene; Naphthalene, 1,2,6,8-tetrachloro; Naphthalene, 1,2,6,8-tetrachloro- |
| PCN-41 | 149864-82-4 | 1,2,7,8-Tetrachloronaphthalene; Naphthalene, 1,2,7,8-tetrachloro; Naphthalene, 1,2,7,8-tetrachloro- |
| PCN-42 | 53555-64-9 | 1,3,5,7-Tetrachloronaphthalene; Naphthalene, 1,3,5,7-tetrachloro-; Naphthalene,1,3,5,7-tetrachloro- |
| PCN-43 | 31604-28-1 | 1,3,5,8-Tetrachloronaphthalene; Naphthalene, 1,3,5,8-tetrachloro; Naphthalene, 1,3,5,8-tetrachloro-; Naphthalene,1,3,5,8-tetrachloro- |
| PCN-44 | 55720-42-8 | 1,3,6,7-tetrachloronaphthalene; Naphthalene, 1,3,6,7-tetrachloro; Naphthalene, 1,3,6,7-tetrachloro-; Naphthalene,1,3,6,7-tetrachloro- |
| PCN-45 | 150224-15-0 | 1,3,6,8-Tetrachloronaphthalene; Naphthalene, 1,3,6,8-tetrachloro; Naphthalene,1,3,6,8-tetrachloro-; Naphthalene, 1,3,6,8-tetrachloro- |
| PCN-46 | 3432-57-3 | 1,4,5,8-Tetrachloronaphthalene; Naphthalene, 1,4,5,8-tetrachloro; Naphthalene, 1,4,5,8-tetrachloro-; Naphthalene, tetrachloro-; Naphthalene,1,4,5,8-tetrachloro- |
| PCN-47 | 55720-43-9 | 1,4,6,7-Tetrachloronaphthalene; Naphthalene, 1,4,6,7-tetrachloro-; Naphthalene,1,4,6,7-tetrachloro- |
| PCN-48 | 34588-40-4 | 2,3,6,7-Tetrachloronaphthalene; Naphthalene, 2,3,6,7-tetrachloro-; Naphthalene, 2,3,6,7-tetrachloro; Naphthalene,2,3,6,7-tetrachloro- |
| Penta-CNs | - | 1321-64-8 pentachloronaphtalenes |
| PCN-49 | 67922-25-2 | 1,2,3,4,5-Pentachloronaphthalene; Naphthalene, 1,2,3,4,5-pentachloro; Naphthalene, 1,2,3,4,5-pentachloro- |
| PCN-50 | 67922-26-3 | 1,2,3,4,6-Pentachloronaphthalene; Naphthalene, 1,2,3,4,6-pentachloro; Naphthalene, 1,2,3,4,6-pentachloro- |



| | | |
|-----------------|-------------|---|
| PCN-51 | 150224-18-3 | 1,2,3,5,6-pentachloronaphthalene; Naphthalene, 1,2,3,5,6-pentachloro; Naphthalene, 1,2,3,5,6-pentachloro- |
| PCN-52 | 53555-65-0 | 1,2,3,5,7-Pentachloronaphthalene; Naphthalene, 1,2,3,5,7-pentachloro; Naphthalene, 1,2,3,5,7-pentachloro- |
| PCN-53 | 150224-24-1 | 1,2,3,5,8-Pentachloronaphthalene; Naphthalene, 1,2,3,5,8-pentachloro; Naphthalene, 1,2,3,5,8-pentachloro- |
| PCN-54 | 150224-16-1 | 1,2,3,6,7-Pentachloronaphthalene; Naphthalene, 1,2,3,6,7-pentachloro; Naphthalene, 1,2,3,6,7-pentachloro-; 1,2,3,6,7-Pentachloro-naphthalene |
| PCN-55 | 150224-23-0 | 1,2,3,6,8-pentachloronaphthalene; Naphthalene, 1,2,3,6,8-pentachloro; Naphthalene,1,2,3,6,8-pentachloro-; Naphthalene, 1,2,3,6,8-pentachloro- |
| PCN-56 | 150205-21-3 | 1,2,3,7,8-Pentachloronaphthalene; Naphthalene, 1,2,3,7,8-pentachloro; Naphthalene, 1,2,3,7,8-pentachloro- |
| PCN-57 | 150224-20-7 | 1,2,4,5,6-pentachloronaphthalene; Naphthalene, 1,2,4,5,6-pentachloro; Naphthalene, 1,2,4,5,6-pentachloro- |
| PCN-58 | 150224-19-4 | 1,2,4,5,7-Pentachloronaphthalene; Naphthalene, 1,2,4,5,7-pentachloro; Naphthalene, 1,2,4,5,7-pentachloro-; Naphthalene, pentachloro- |
| PCN-59 | 150224-25-2 | 1,2,4,5,8-Pentachloronaphthalene; Naphthalene, 1,2,4,5,8-pentachloro; Naphthalene, 1,2,4,5,8-pentachloro- |
| PCN-60 | 150224-17-2 | 1,2,4,6,7-Pentachloronaphthalene; Naphthalene, 1,2,4,6,7-pentachloro; Naphthalene, 1,2,4,6,7-pentachloro-; 1,2,4,6,7-pentachloro-naphthalene |
| PCN-61 | 150224-22-9 | 1,2,4,6,8-Pentachloronaphthalene; Naphthalene, 1,2,4,6,8-pentachloro; Naphthalene, 1,2,4,6,8-pentachloro- |
| PCN-62 | 150224-21-8 | 1,2,4,7,8-pentachloronaphthalene; Naphthalene, 1,2,4,7,8-pentachloro; Naphthalene, 1,2,4,7,8-pentachloro- |
| Hexa-CNs | - | 1335-87-1 hexachloronaphthalenes |
| PCN-63 | 58877-88-6 | 1,2,3,4,5,6-Hexachloronaphthalene; Naphthalene, 1,2,3,4,5,6-hexachloro; Naphthalene, 1,2,3,4,5,6-hexachloro- |
| PCN-64 | 67922-27-4 | 1,2,3,4,5,7-Hexachloronaphthalene; Naphthalene, 1,2,3,4,5,7-hexachloro; Naphthalene, 1,2,3,4,5,7-hexachloro- |
| PCN-65 | 103426-93-3 | 1,2,3,4,5,8-Hexachloronaphthalene; Naphthalene, 1,2,3,4,5,8-hexachloro; Naphthalene, 1,2,3,4,5,8-hexachloro- |



| | | | | |
|------------------|-------------|--|---|---|
| PCN-66 | 103426-96-6 | 1,2,3,4,6,7-Hexachloronaphthalene; Naphthalene, 1,2,3,4,6,7-hexachloro-; | Naphthalene, 1,2,3,4,6,7-hexachloro-; | Naphthalene, 1,2,3,4,6,7-hexachloro-; |
| PCN-67 | 103426-97-7 | 1,2,3,5,6,7-Hexachloronaphthalene; Naphthalene, 1,2,3,5,6,7-hexachloro-; | Naphthalene, 1,2,3,5,6,7-hexachloro-; | Naphthalene, 1,2,3,5,6,7-hexachloro-; |
| PCN-68 | 103426-95-5 | 1,2,3,5,6,8-Hexachloronaphthalene; Naphthalene, 1,2,3,5,6,8-hexachloro-; | Naphthalene, 1,2,3,5,6,8-hexachloro-; | |
| PCN-69 | 103426-94-4 | 1,2,3,5,7,8-hexachloronaphthalene; Naphthalene, 1,2,3,5,7,8-hexachloro-; | Naphthalene, 1,2,3,5,7,8-hexachloro-; | |
| PCN-70 | 17062-87-2 | 1,2,3,6,7,8-Hexachloronaphthalene; Naphthalene, 1,2,3,6,7,8-hexachloro- | | |
| PCN-71 | 90948-28-0 | 1,2,4,5,6,8-Hexachloronaphthalene; Naphthalene, 1,2,4,5,6,8-hexachloro-; | Naphthalene, hexachloro-; | Naphthalene, 1,2,4,5,6,8-hexachloro- |
| PCN-72 | 103426-92-2 | 1,2,4,5,7,8-Hexachloronaphthalene; Naphthalene, 1,2,4,5,7,8-hexachloro-; | Naphthalene, 1,2,4,5,7,8-hexachloro- | |
| Hepta-CNs | - | 32241-08-0 | Heptachloronaphthalenes | |
| PCN-73 | 58863-14-2 | 1,2,3,4,5,6,7-Heptachloronaphthalene; Naphthalene, 1,2,3,4,5,6,7-heptachloro-; | 1H-Heptachloronaphthalene; | Naphthalene,heptachloro-; Naphthalene, 1,2,3,4,5,6,7-heptachloro- |
| PCN-74 | 58863-15-3 | 1,2,3,4,5,6,8-Heptachloronaphthalene; Naphthalene, heptachloro-; | Naphthalene, 1,2,3,4,5,6,8-heptachloro-; | Naphthalene, 1,2,3,4,5,6,8-heptachloro- |
| Octa-CN | PCN-75 | 2234-13-1 | octachloronaphthalenes; Perchloronaphthalene; Naphthalene, octachloro-; 1,2,3,4,5,6,7,8-Octachloronaphthalene; Octachloro naphthalene; Naphthalene, 1,2,3,4,5,6,7,8-octachloro-; cis-myrist-7-enoyl-CoA | |



5.2. Tabelas de Balanço Comercial

Tabela A2: Volumes de importação e exportação de cloronaftalenos, possivelmente englobando naftalenos monoclorados e policlorados (PCNs – *polichlorinated naphthalenes*), em **quilogramas líquidos**, no período de janeiro de 1997 a dezembro de 2019. Dados disponíveis na plataforma Comex Stat (<http://comexstat.mdic.gov.br>) para os dois códigos de Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM).

| Ano | NCM 29036915 | | NCM 29039915 | |
|---------------|--------------|------------|--------------|------------|
| | Importação | Exportação | Importação | Exportação |
| 1997 | 0 | - | - | - |
| 1998 | 0 | - | - | - |
| 1999 | 0 | - | - | - |
| 2000 | 0 | - | - | - |
| 2001 | 3 | - | - | - |
| 2002 | 2 | - | - | - |
| 2003 | 4 | - | - | - |
| 2004 | 1 | - | - | - |
| 2005 | 6 | - | - | - |
| 2006 | 1 | - | - | - |
| 2007 | 7 | - | - | - |
| 2008 | 16 | - | - | - |
| 2009 | 5 | - | - | - |
| 2010 | 1 | - | - | - |
| 2011 | 7 | - | - | - |
| 2012 | - | - | 19 | - |
| 2013 | - | - | 230 | - |
| 2014 | - | - | 21 | - |
| 2015 | - | - | 215 | - |
| 2016 | - | - | 20 | - |
| 2017 | - | - | 930 | - |
| 2018 | - | - | 46 | - |
| 2019 | - | - | 185 | - |
| Total: | 53 | 0 | 1666 | 0 |



Tabela A3: Volumes históricos de importação e exportação de naftalenos policlorados (PCNs – *polichlorinated naphthalenes*), em toneladas líquidas, no período de janeiro de 1989 a dezembro de 1996. Dados disponíveis na plataforma Comex Stat (<http://comexstat.mdic.gov.br>) para os dois códigos de Nomenclatura Brasileira de Mercadorias (NBM).

| Ano | NBM 2903691201 | | NBM 2903691299 | |
|--------------|----------------|------------|----------------|------------|
| | Importação | Exportação | Importação | Exportação |
| 1989 | - | - | 0,1 | - |
| 1990 | - | - | 0,1 | - |
| 1991 | 1 | - | - | - |
| 1992 | 0,1 | - | - | - |
| 1993 | 0,2 | - | - | - |
| 1994 | 0,1 | - | 0,7 | - |
| 1995 | - | - | 0,5 | - |
| 1996 | 0,1 | - | 6 | - |
| Total | 1,5 | 0 | 7,4 | 0 |

NBM 2903691201 – Mono e Dicloronaftalenos; NBM 2903691299 – Qualquer outro cloronaftaleno



Tabela A4: Volumes de importação e exportação de borrachas de cloropreno possivelmente contendo naftalenos policlorados (PCNs – *polichlorinated naphthalenes*) até o ano de 2000, **em quilogramas líquidas**, no período de janeiro de 1997 a dezembro de 2019. Dados disponíveis na plataforma Comex Stat (<http://comexstat.mdic.gov.br>) para os três códigos de Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM).

| Ano | NCM 40024900 | | NCM 40024100 | |
|--------------|--------------------|----------------|------------------|---------------|
| | Importação | Exportação | Importação | Exportação |
| 1997 | 9.874.887 | 1.457 | 73.240 | - |
| 1998 | 8.778.635 | 318 | 47.026 | - |
| 1999 | 9.023.138 | 230 | 121.892 | - |
| 2000 | 10.084.782 | 30.451 | 136.680 | - |
| 2001 | 8.751.281 | 4.398 | 229.612 | - |
| 2002 | 8.083.288 | 11.781 | 254.667 | - |
| 2003 | 7.700.933 | 1.564 | 197.227 | - |
| 2004 | 8.952.776 | 9.300 | 351.783 | - |
| 2005 | 7.638.785 | 25.074 | 333.216 | - |
| 2006 | 8.212.916 | 30.850 | 524.640 | 193 |
| 2007 | 9.639.619 | 13.952 | 385.563 | 126 |
| 2008 | 9.003.985 | 19.677 | 246.148 | 2 |
| 2009 | 6.425.985 | 10.553 | 165.575 | 12 |
| 2010 | 9.348.936 | 1.025 | 349.243 | 4 |
| 2011 | 7.729.259 | 53 | 316.457 | 1.369 |
| 2012 | 6.663.477 | 2.064 | 353.586 | - |
| 2013 | 6.636.188 | 8.002 | 291.542 | 1.693 |
| 2014 | 6.422.885 | 39.625 | 310.418 | 5.989 |
| 2015 | 5.141.980 | 8.642 | 234.722 | - |
| 2016 | 5.285.922 | 13.582 | 236.198 | - |
| 2017 | 5.323.717 | 81.384 | 307.496 | 1.100 |
| 2018 | 4.911.796 | 26.032 | 295.299 | - |
| 2019 | 5.323.838 | 39.043 | 345.588 | - |
| Total | 174.959.008 | 379.057 | 6.107.818 | 10.488 |

NCM 40024900 – Outras borrachas de cloropreno (clorobutadieno) em chapas, etc.; NCM 40024100 – Látex de borracha de cloropreno (clorobutadieno (CR))



Tabela A5: Volumes históricos de importação e exportação de borracha de cloropreno possivelmente contendo naftalenos policlorados (PCNs – *polichlorinated naphthalenes*), em **tonelada líquida**, no período de janeiro de 1989 a dezembro de 1996. Dados disponíveis na plataforma Comex Stat (<http://comexstat.mdic.gov.br>) para os quatro códigos de Nomenclatura Brasileira de Mercadorias (NBM).

| Ano | NBM 4002410000 | | NBM 4002490100 | | NBM 4002499900 | | NBM 4008119901 | |
|--------------|----------------|------------|----------------|------------|------------------|-------------|----------------|------------|
| | Importação | Exportação | Importação | Exportação | Importação | Exportação | Importação | Exportação |
| 1989 | 121 | - | 10 | 0,6 | 10064,6 | - | 43,1 | 0,6 |
| 1990 | 65,8 | - | | 0,2 | 427952 | - | 46,1 | - |
| 1991 | 1196 | - | | 0,2 | 40017 | - | 33,5 | - |
| 1992 | 66,5 | 1,2 | 0,1 | 0,4 | 9033,5 | 11,4 | 1840,9 | - |
| 1993 | 85,3 | - | 0,1 | 0,2 | 27777,6 | 32 | 915,6 | 0,9 |
| 1994 | 92,3 | - | 182,9 | 0,5 | 50249 | 8,4 | 37 | 0,2 |
| 1995 | 66,1 | - | 21,3 | | 23992,3 | 1,8 | 43,3 | - |
| 1996 | 56,5 | - | 0,2 | 0,3 | 21944,7 | - | 52,8 | 0,1 |
| Total | 1749,5 | 1,2 | 214,6 | 2,4 | 611.030,7 | 53,6 | 3.012,3 | 1,8 |

NBM 4002410000 – Borracha de cloropreno (clorobutadieno), em latex; NBM 4002490100 – Borracha de cloropreno (clorobutadieno), em chapas/fls/; NBM 4002499900 – Borracha de cloropreno (clorobutadieno), em outs.formas; NBM 4008119901 – Chapas/fls/; etc de cloropreno c/s reforço de tecido