



XXV SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

4822
GTM/21

10 a 13 de novembro de 2019
Belo Horizonte - MG

Grupo de Estudo de Transformadores, Reatores, Materiais e Tecnologias Emergentes-GTM

ANÁLISE DOS RESULTADOS CROMATOGRÁFICOS DOS PROJETOS DEMONSTRATIVOS DE INVENTÁRIO ESTATÍSTICO DE PCB EM 3 COMPANHIAS DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO

MARIANA GARCIA COSTA(1); SERGIO ROBERTO DIAS(2); GISELE RODRIGUES DOS SANTOS(2); MIGUEL CARLOS MEDINA PENA(3); IVANDRE LUIZ SOARES(3); CARLOS EDUARDO ALMEIDA(4); HILDAMARA BRONDANI COELHO(4); ADRIANA DE CASTRO PASSOS MARTINS(5); COSTABILE DI SESSA(5); Cemig D(1);AMAZONAS ENERGIA(2);CHESF(3);COPEL DIS(4);CEMIG GT(5);

RESUMO

O Brasil é signatário da Convenção de Estocolmo que, entre outros, estabelece metas para identificação e destinação de equipamentos com mais de 50 mg/kg de bifenilas policloradas. Para tanto, foram realizados projetos demonstrativos de inventário estatístico em três companhias do Setor Elétrico Brasileiro. Objetiva-se avaliar os resultados de análise por cromatografia gasosa com detector por captura de elétrons pelo método IEC 61612 de cerca de 320 amostras por companhia. Os resultados indicaram que estas companhias apresentam um percentual baixíssimo ou muito baixo de equipamentos com mais de 50 mg/kg, indicando a efetividade do gerenciamento de PCB nestas companhias.

PALAVRAS-CHAVE

Bifenilas policloradas, PCBs, Convenção de Estocolmo, Projetos Demonstrativos de Inventário, Setor Elétrico Brasileiro

1.0 - INTRODUÇÃO

O Brasil é signatário da Convenção de Estocolmo (CE) sobre poluentes orgânicos persistentes dentre os quais se tem as Bifenilas Policloradas (PCB). Estas foram utilizadas como fluido dielétrico isolante em equipamentos elétricos, fluidos térmicos e hidráulicos, entre outros. A CE estabelece que as partes deverão, até 2025, envidar esforços ou empenhar-se para identificar, rotular e tirar de uso equipamentos que contenham mais de 50 mg/kg, realizando seu manejo ambientalmente saudável até 2028 (1).

As PCBs nunca foram fabricadas no Brasil, mas estima-se uma importação de 1 a 2% das PCBs produzidas globalmente (2), (3) e (4). O Brasil publicou boa parte de sua regulamentação e normativas ainda na década de 80, se antecipando em relação à boa parte dos países desenvolvidos. Estima-se que houve destruição final ambientalmente adequada de cerca de 36 mil toneladas de resíduos PCB entre 1991 e 2018 (5). Este número contempla tanto a massa de fluido como de equipamentos. Importante destacar que este quantitativo encontra-se subestimado, pois há empresas destruidoras de PCB que não responderam a consulta ou responderam parcialmente e não inclui destruição realizada nas décadas de 1980 e 1990. Esta destruição já realizada demonstra os esforços empreendidos ao longo do tempo, mesmo antes da CE, de acordo com a regulamentação vigente, e em boa parte, pelo Setor Elétrico Brasileiro.

Para atingir as metas da CE, o Governo Brasileiro, com o apoio do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) e recursos do Global Environmental Facility (GEF), implantou em 2009 o Projeto PNUD BRA/08/G32 – Estabelecimento da Gestão de Resíduos de PCB e Sistema de Disposição. Por meio de uma parceria entre os Ministérios de Meio Ambiente e de Minas e Energia (MMA e MME) e o Setor Elétrico Brasileiro (SEB), o projeto contratou uma consultoria técnica de Pessoa Jurídica que executou projetos demonstrativos de inventário estatístico em três companhias: Eletrobras Amazonas Energia, Chesf e Copel DIS.

Este trabalho tem por objetivo avaliar os principais resultados destes projetos, que contemplaram, entre outros, a amostragem e análise por cromatografia gasosa com detector por captura de elétrons (ECD) pelo método IEC 61612 de 962 amostras (320 amostras para as companhias A e C e 322 para a companhia B).

2.0 - METODOLOGIA

Considerando o estabelecido pela CE e pela norma ABNT NBR 8371, os resultados das análises cromatográficas disponibilizados nos anexos do Produto 6 (6) foram classificados conforme seu resultado analítico nos seguintes intervalos: menor ou igual a 50 mg/kg de PCB; entre 50 e 500 mg/kg de PCB; maior que 500 mg/kg de PCB. Os equipamentos analisados foram divididos em subpopulações conforme o tipo de equipamento (TE) e ano de fabricação (antes e depois de 1989) e seus resultados avaliados da seguinte forma:

- a) análise percentual do número de equipamentos classificados quanto ao teor de PCB para resultados globais e por subpopulações;
- b) breve análise estatística descritiva dos resultados globais e por subpopulações, em que foram calculados a média, mediana (ou 2º quartil), desvio padrão, 1º e 3º quartil e elaborados os boxplots destes parâmetros;
- c) teste t de hipótese para a média dos resultados globais de cada empresa (intervalos de confiança de 95% e 99,9%), com as seguintes hipóteses: $H_0: \mu = 50$; $H_a: \mu < 50$.

3.0 - ANÁLISE DOS RESULTADOS

A Figura 1 apresenta os resultados globais de cada companhia.

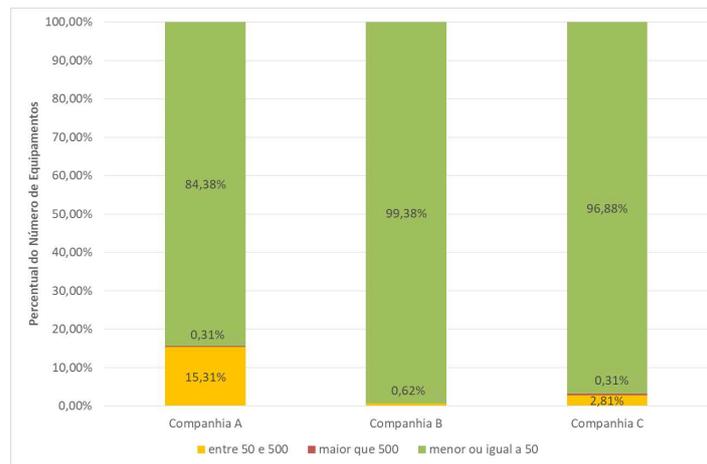


Figura 1 – Percentual do número de equipamentos classificados conforme a CE quanto ao teor de PCB a partir dos resultados das análises cromatográficas por companhia

Foi possível observar que o percentual global do número de equipamentos que apresentaram valor de PCB superior a 50 mg/kg foi de 15,6%, 0,6%, 3,1% para as companhias A, B e C, respectivamente. Assim, a realização destes projetos demonstrativos permitiu evidenciar que estas empresas do SEB apresentam um percentual baixíssimo ou muito baixo de equipamentos contendo teores de PCB acima de 50 mg/kg, quando comparado a estimativa inicial de contaminação do SEB de 20% (7). Este resultado já era esperado pelo setor devido ao histórico nacional setorial, sendo razoável esperar que boa parte das empresas do setor elétrico brasileiro tenha percentuais baixíssimos ou muito baixos de equipamentos com teores acima de 50 mg/kg de PCB.

As diferenças entre os resultados das companhias que participaram dos Projetos Demonstrativos sugerem que cada empresa tem uma realidade, decorrente do seu histórico e da forma de gerenciamento de PCB adotada em cada uma delas. Assim, percebe-se que adotar um critério único para todas as empresas brasileiras pode onerar desnecessariamente o consumidor brasileiro e impedir o cumprimento dos prazos da CE.

3.1 COMPANHIA A

Para a Companhia A, considerando os resultados cromatográficos das 320 amostras, tem-se que:

- 1 equipamento (0,3% do total de equipamentos analisados) com teor de 11 275 mg/kg de PCB pelo método IEC 61619, ou seja, acima de 500 mg/kg;
- 49 equipamentos (15,3% do total de equipamentos analisados) contêm teores de PCB entre 50 e 500 mg/kg, sendo:
 - 32 equipamentos fabricados antes de 1981 (incluindo 1981 – 10,0% do total de equipamentos analisados ou 65% dos equipamentos com teores entre 50 e 500 mg/kg);
 - 9 equipamentos fabricados entre 1982 e 1988 (2,8% do total de equipamentos analisados ou 18% dos equipamentos com teores entre 50 e 500 mg/kg);
 - 8 equipamentos fabricados após 1989 (1989 incluído) ou sem informação de data (2,5% do total de equipamentos analisados ou 16% dos equipamentos com teores entre 50 e 500 mg/kg).

Fez-se teste de outlier, para verificar se todos os dados são provenientes da mesma população normal (Teste de Grubbs, com 5% de nível de significância), utilizando-se o software estatístico Minitab® Inc. (versão 18.1). O teste resultou na identificação do equipamento com teor de PCB de 11 275 mg/kg como outlier (Figura 2). Assim, este equipamento foi excluído na análise dos resultados, embora ele tenha sido classificado, gerenciado e destinado conforme seu resultado analítico.

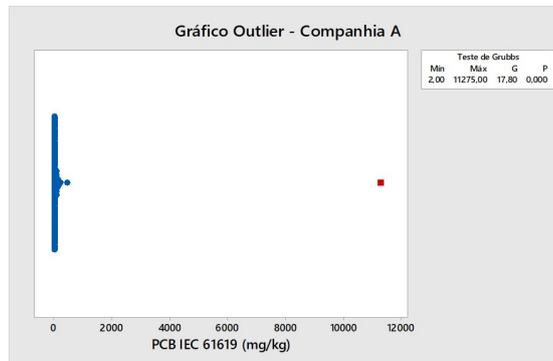


Figura 2 – Gráfico do resultado teste de outlier da Companhia A

A Tabela 1 e a Figura 3 resumem os parâmetros média, mediana, desvio padrão, 1° e 3° quartil calculadas para a Companhia A. Nota-se que a mediana global está abaixo de 10 mg/kg de PCB e o 3° quartil global está abaixo do limite legal vigente e estabelecido pela CE de 50 mg/kg de PCB. Quanto às subpopulações, nota-se que é possível identificar algumas com maior risco de contaminação por PCB que outras, e que a maior parte apresentou resultados (média, mediana, 1° e 3° quartil) inferiores ao limite de 50 mg/kg, com exceção das subpopulações TE 2 - antes de 1989; TE 3- antes de 1989 e TE 5 - antes de 1989.

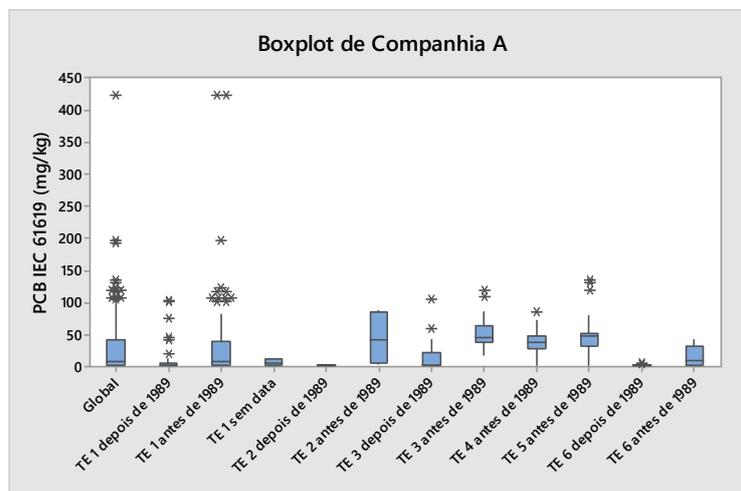


Figura 3 – Boxplot dos resultados cromatográficos para Companhia A

Tabela 1 – Parâmetros média, mediana, desvio padrão, 1° e 3° quartil dos resultados cromatográficos dos Projetos Demonstrativos para Companhia A classificado de forma global ou conforme subpopulações (destaque em vermelho das subpopulações com conjuntos de dados inferiores a 20 e N.R. para cálculos não realizados)

Companhia A	Global	TE 1 - depois de 1989	TE 1 - antes de 1989	TE 1 - sem data	TE 2 - depois de 1989	TE 2 - antes de 1989	TE 6 - depois de 1989	TE 6 - antes de 1989	TE 4 - antes de 1989	TE 3 - depois de 1989	TE 3 - antes de 1989	TE 5 - antes de 1989
Média	25,8 2	11,3 3	31,8 4	7,50	2,00	45,4 3	2,14	16,2 7	37,6 9	17,1 9	54,6 5	46,9 8
Mediana	8	2	9,5	7,5	2	42	2	10	38,5	2	47	48
Desvio Padrão	38,9 3	23,7 1	61,5 3	5,50	0,00	31,3 5	0,58	15,4 9	21,1 9	28,4 7	26,7 7	28,2 5
1° quartil	2	2	2	2	2	7	2	2	28	2	39	32,2 5
3° quartil	43	6,75	41	13	2	86	2	33	49,2 5	22	64,5	52,7 5
Número de amostras	319	82	78	8	4	7	28	11	26	16	17	42
Graus de liberdade (gl=n -1)	318	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.
Para $\alpha = 0,05$; t (α ; gl)	1,64 5	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.
Para $\alpha = 0,001$; t (α ; gl)	2,32 6	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.
$t = (\bar{X} - \mu) / (S / \sqrt{n})$	- 11,0 9	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.
Limite superior do Intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$)	29,4 1	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.
Limite superior do Intervalo de confiança ($\alpha = 0,001$)	32,6 1	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.

Os resultados dos testes de hipóteses para a Companhia A, apresentados na Tabela 1 e na Figura 4 (intervalo de confiança de 95% e 99,9%), revelaram que a média dos resultados para a Companhia A é significativamente menor que 50 mg/kg, com 95 e 99,9% de confiança. Os limites superiores do intervalo de confiança calculados também estão abaixo do limite legal vigente e estabelecido pela CE de 50 mg/kg de PCB. Estes testes de hipótese avaliam tão somente os valores médios e não percentagens de não atendimento a este limite.

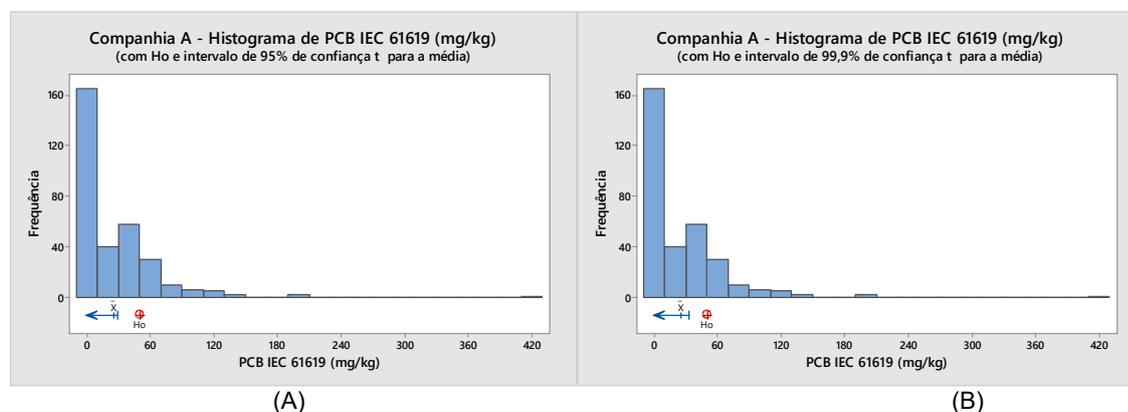


Figura 4 – Histogramas dos resultados cromatográficos dos teores de PCB e representação gráfica dos testes de hipóteses para intervalo de confiança de 95% (A) e 99,9% (B) para Companhia A

Os resultados cromatográficos da Companhia A classificados por subpopulações estão apresentados na Figura 5:

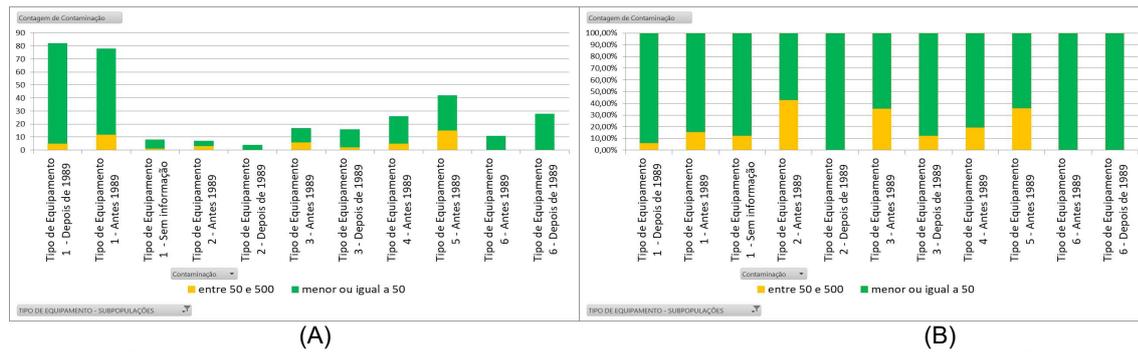


Figura 5: Quantidade (A) e percentual (B) de equipamentos classificados quanto ao teor de PCB considerando os resultados cromatográficos da Companhia A em relação às subpopulações de equipamentos

Na Figura 5, observa-se que deve haver subpopulações com probabilidade maior de contaminação que outras, destacando-se em ordem decrescente de risco: TE 2 – Antes 1989; TE 5 – Antes 1989; TE 3 – Antes 1989; TE 4 – Antes 1989; etc. Fica evidente que subpopulações de equipamentos mais antigos tem probabilidade maior de contaminação que as de equipamentos mais novos. Ademais, o histórico de manutenção com intervenção no óleo também influencia a probabilidade de contaminação da subpopulação, ou seja, subpopulações que nunca sofreram intervenção tem menor risco de contaminação por PCB.

3.2 COMPANHIA B

Para a Companhia B, considerando os resultados cromatográficos das 322 amostras, tem-se que:

- 2 equipamentos (0,62% do total de equipamentos analisados) apresentaram teor de PCB entre 50 e 500 mg/kg, ambos pertencentes à subpopulação de TE A antes de 1989 – um fabricado em 1960 e o outro em 1980;
- Nenhum equipamento com teor acima de 500 mg/kg de PCB.

Assim, os resultados do Projeto Demonstrativo mostram que a contaminação dos equipamentos da companhia é baixíssima, em equipamentos pontuais, o que evidencia a efetividade das suas práticas de gestão.

A Tabela 2 e Figura 6 resumem os parâmetros média, mediana, desvio padrão, 1º e 3º quartil calculadas para a Companhia B. Nota-se que todos os parâmetros dos resultados globais e para todas as subpopulações estão abaixo de 10 mg/kg de PCB, ou seja, 5 vezes abaixo do limite legal vigente estabelecido pela CE de 50 mg/kg de PCB.

Tabela 2 – Parâmetros média, mediana, desvio padrão, 1º e 3º quartil dos resultados cromatográficos dos Projetos Demonstrativos para Companhia B classificado de forma global ou conforme subpopulações (destaque em vermelho das subpopulações com conjuntos de dados inferiores a 20 e N.R. para cálculos não realizados)

Parâmetro	Global	TE A depois de 1989	TE A antes de 1989	TE B depois de 1989	TE B antes de 1989	TE C antes de 1989
Média (\bar{X})	5,80	2,10	8,35	2,00	3,79	3,67
Mediana	2	2	3	2	2	4
Desvio Padrão amostral (S)	11,17	0,83	14,23	0,00	4,57	1,25
1º quartil	2	2	2	2	2	2
3º quartil	5	2	9	2	2	5
Número de amostras (n)	322	70	181	34	27	7
Graus de liberdade (gl=n-1)	321	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.
Para $\alpha = 0,05$; t (α ; gl)	1,645	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.
Para $\alpha = 0,001$; t (α ; gl)	2,326	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.
$t = (\bar{X} - \mu) / (S / \sqrt{n})$	71,01	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.
Limite superior do Intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$)	6,82	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.
Limite superior do Intervalo de confiança ($\alpha = 0,001$)	7,74	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.

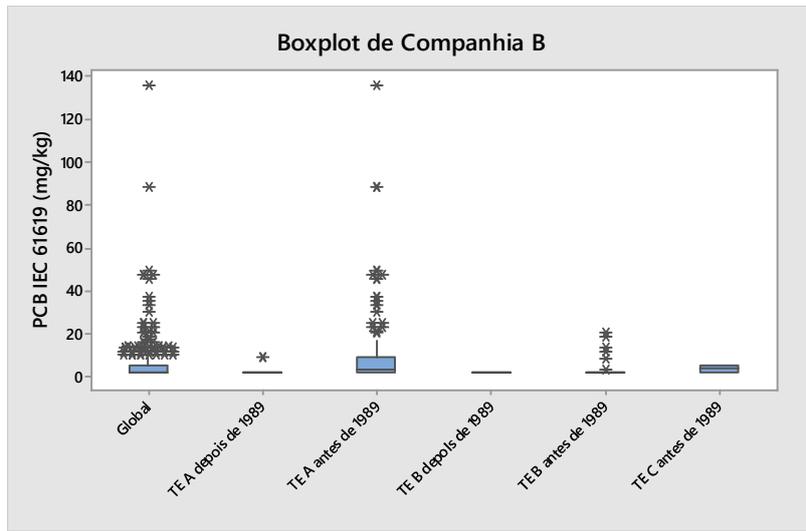


Figura 6 – Boxplot dos resultados cromatográficos para Companhia B, global (A) e conforme subpopulações (B)

Os resultados dos testes de hipóteses estão apresentados na Tabela 2 e na Figura 7 (intervalo de confiança de 95% e 99,9%) para Companhia B.

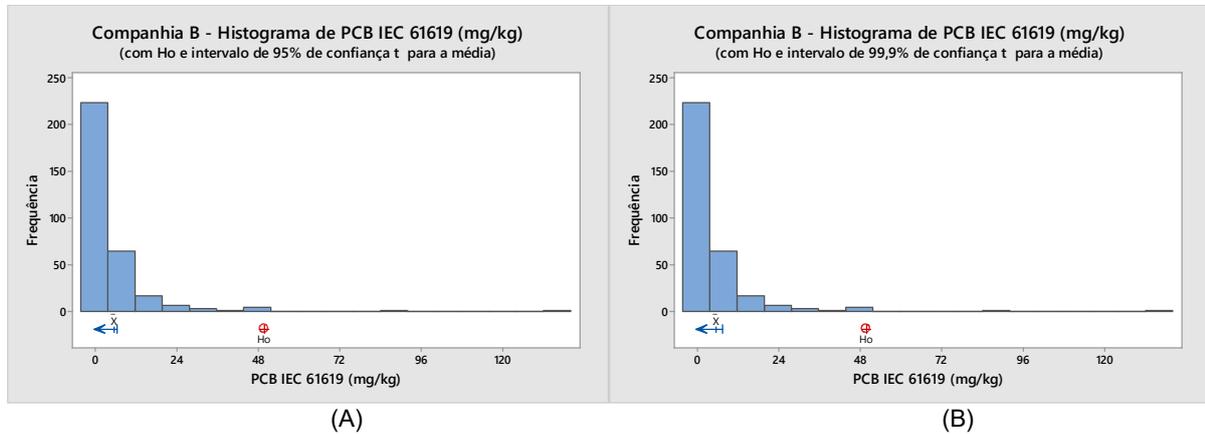


Figura 7 – Histogramas dos resultados cromatográficos dos teores de PCB e representação gráfica dos testes de hipóteses para intervalo de confiança de 95% (A) e 99,9% (B) para Companhia B

Os testes de hipóteses revelaram que a média dos resultados para a Companhia B é significativamente menor que 50 mg/kg (com 95% ou 99,9% de confiança). Os limites superiores do intervalo de confiança calculados também são inferiores a 10 mg/kg, ou seja, bem abaixo do limite legal vigente estabelecido pela CE de 50 mg/kg de PCB. Estes testes de hipótese avaliam tão somente os valores médios e não percentagens de não atendimento a este limite.

Os resultados cromatográficos da Companhia B classificados por subpopulações estão apresentados na Figura 8:

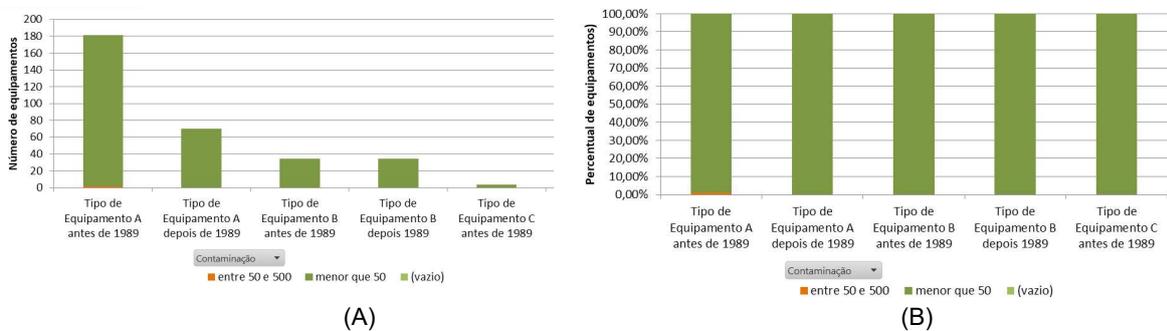


Figura 8: Quantidade (A) e percentual (B) de equipamentos classificados quanto ao teor de PCB considerando os resultados cromatográficos da Companhia B em relação às subpopulações de equipamentos

Avaliando-se a Figura 8 é possível observar que a única subpopulação que teve equipamento com teor de PCB superior a 50 mg/kg foi a de TE A antes de 1989. Nota-se também que o percentual de equipamentos com teor de 50 mg/kg para esta subpopulação é de apenas 1,1% (2 em 181 analisados).

3.3 COMPANHIA C

Para a Companhia C, considerando os resultados cromatográficos das 320 amostras, tem-se que:

- 1 equipamento (0,3% do total de equipamentos analisados) com teor acima de 500 mg/kg de PCB (TE Y fabricado em 1974);

- 9 equipamentos (2,8% do total de equipamentos analisados) apresentaram teor de PCB entre 50 e 500 mg/kg, sendo:

- 2 equipamentos do TE X fabricados antes de 1989 (1983 e 1984);

- 7 equipamentos do TE Y, em que: 4 equipamentos com teor entre 50 e 55 mg/kg; 5 equipamentos reformados; 3 equipamentos fabricados entre 1977 e 1984.

A Tabela 3 e a Figura 9 resumem os parâmetros média, mediana, desvio padrão, 1° e 3° quartil calculadas para a Companhia C – global e por subpopulação.

Tabela 3 – Parâmetros média, mediana, desvio padrão, 1° e 3° quartil dos resultados cromatográficos dos Projetos Demonstrativos para Companhia C classificado de forma global ou conforme subpopulações (destaque em vermelho das subpopulações com conjuntos de dados inferiores a 20 e N.R. para cálculos não realizados)

Parâmetro	Global	TE Y depois 1989	TE Y antes 1989	TE X depois de 1989	TE X antes de 1989
Média (\bar{X})	7,74	4,63	41,40	2,00	32,00
Mediana	2	2	2	2	2
Desvio Padrão amostral (S)	33,80	9,53	111,01	0,00	60,72
1° quartil	2	2	2	2	2
3° quartil	2	2	22	2	34
Número de amostras (n)	320	18	260	10	32
Graus de liberdade (gl=n -1)	319	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.
Para $\alpha = 0,05$; t (α ; gl)	1,645	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.
Para $\alpha = 0,001$; t (α ; gl)	2,326	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.
t = $(\bar{X}-\mu)/(S/\sqrt{n})$	-22,37	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.
Limite superior do Intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$)	10,87	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.
Limite superior do Intervalo de confiança ($\alpha = 0,001$)	13,64	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.

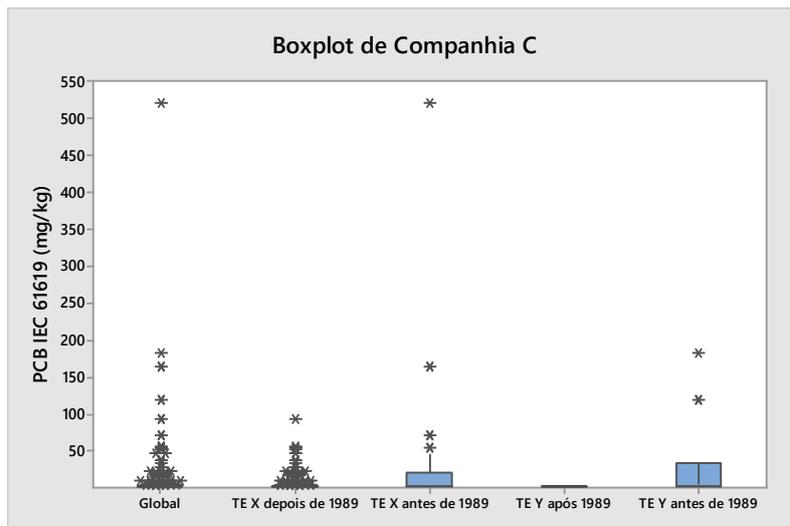


Figura 9 – Boxplot dos resultados cromatográficos para Companhia C

Nota-se que a média, mediana, 1° e 3° quartil dos resultados globais estão abaixo de 10 mg/kg de PCB, ou seja, bem abaixo do limite legal vigente estabelecido pela CE de 50 mg/kg de PCB. Para todas as subpopulações, as

medianas são de 2 mg/kg de PCB e o 3º quartil estão abaixo do limite legal vigente e estabelecido pela CE de 50 mg/kg de PCB.

Os resultados dos testes de hipóteses estão apresentados na Tabela 3 e na Figura 10 (intervalo de confiança de 95% e 99,9%) para Companhia C.

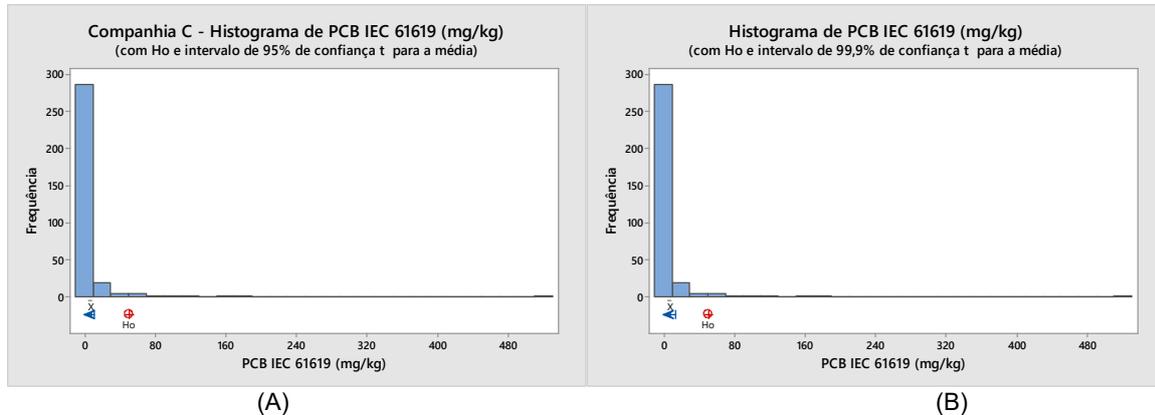


Figura 10 – Histogramas dos resultados cromatográficos dos teores de PCB e representação gráfica dos testes de hipóteses para intervalo de confiança de 95% (A) e 99,9% (B) para Companhia C

Os testes de hipóteses revelaram que a média dos resultados para a Companhia C é significativamente menor que 50 mg/kg, com 95% e com 99,9% de confiança. Os limites superiores do intervalo de confiança calculado também estão abaixo de 15 mg/kg, ou seja, bem abaixo do limite legal vigente e estabelecido pela CE de 50 mg/kg de PCB. Estes testes de hipótese avaliam tão somente os valores médios e não percentagens de não atendimento a este limite.

Os resultados cromatográficos da Companhia C conforme subpopulações estão apresentados na Figura 11. Nesta é possível observar que a maior parte das amostras (259 das 320 amostras), foram do Tipo de Equipamento Y após 1989, sendo estatisticamente muito prematuro extrapolar os resultados do projeto para as outras subpopulações. De toda forma, há um indício de que há subpopulações com probabilidade maior de contaminação que outras, em ordem decrescente de risco: Tipo de Equipamento X – Antes de 1989; Tipo de Equipamento Y – Antes de 1989; Tipo de equipamento Y –Após 1989.

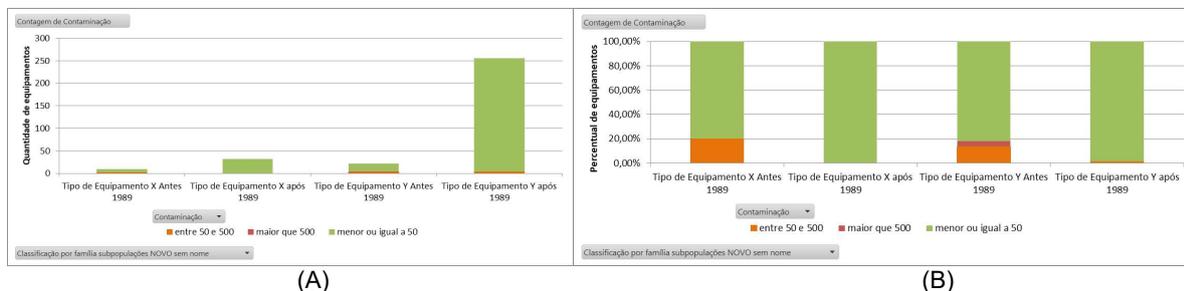


Figura 11: Quantidade (A) e percentual (B) de equipamentos classificados quanto ao teor de PCB considerando os resultados cromatográficos da Companhia C em relação às subpopulações de equipamentos

4.0 - CONCLUSÕES

A análise dos resultados permitiu notar que:

- 1) Os resultados globais encontrados indicam que estas empresas devem apresentar uma taxa de contaminação de PCB baixíssima ou muito baixa;
- 2) Há diferenças entre os resultados das companhias, ou seja, o resultado depende do histórico operacional da empresa;
- 3) Todas as medianas estão abaixo de 10 mg/kg de PCB e os 3º quartis estão abaixo do limite legal vigente e estabelecido pela CE de 50 mg/kg de PCB, com exceção de 3 subpopulações de uma das companhias avaliadas;
- 4) Todos os testes de hipóteses revelaram que as médias globais são significativamente menores que 50 mg/kg, considerando os intervalos de confiança de 95% e 99,9%. Os limites superiores dos intervalos de confianças

calculados também estão abaixo de 50 mg/kg;

5) Pode haver subpopulações com probabilidade maior de contaminação que outras, ou seja, é essencial a avaliação por subpopulações, visando identificar as de maior risco de contaminação por PCB para priorizar os esforços necessários para atendimento à CE.

Conclui-se que estes projetos demonstrativos permitiram evidenciar que estas companhias do SEB apresentam um percentual baixíssimo ou muito baixo de equipamentos contendo teores de PCB acima de 50 mg/kg. Estes resultados indicam a efetividade do gerenciamento de PCB nestas empresas, com os instrumentos já existentes. Desta forma, estes resultados foram aderentes ao histórico setorial, sendo razoável, portanto, esperar que empresas do SEB, dependendo do seu histórico de gerenciamento, tenham percentuais de equipamentos contaminados por PCB baixíssimos ou muito baixos.

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) STOCKHOLM CONVENTION. The POPs. 2016b. Apresenta informações gerais sobre os Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs). Disponível em: <<http://chm.pops.int/TheConvention/ThePOPs/tabid/673/Default.aspx>>. Acesso em jun. 2016.

(2) BRASIL. Ministério de Meio Ambiente – MMA. Estudo sobre as bifenilas policloradas. Proposta para atendimento à “Convenção de Estocolmo”. Anexo A – Parte II. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_prorisc_upml/_arquivos/estudo_sobre_as_bifenilas_policloradas_82.pdf> . Acesso em Fevereiro de 2015. [201?]

(3) BREIVIK, K; SWEETMAN, A; PACYNA, J, M; JONES, K C. Towards a global historical emission inventory for selected PCB congeners — a mass balance approach 1. Global production and consumption. The Science of the Total Environment 290. p. 181–198. 2002.

(4) BREIVIK, K; SWEETMAN, A; PACYNA, J, M; JONES, K C. Databases on the global production, consumption and emissions of PCBs from 1930 to 2000. [2002?]. Disponível em: <<http://www.nilu.no/projects/globalpcb/>>. Acesso em 21 out. 2015.

(5) BRASIL. Ministério de Meio Ambiente – MMA. BRA/08/G32 – Projeto Gestão de PCBs. Apresenta informações sobre o Projeto BRA/08/G32. IN: Oficina sobre inventário e gestão de PCB no setor elétrico. 2019. Rondônia. Apresentação.

(6) SEA MARCONI; DENVER AMBIENTE. Resultado das análises químicas e da comparação entre os métodos de análise química de PCB. PNUD. Projeto BRA/08/G32. Produto 6. Edição 1.0. 2017-02. 2017.

(7) BRASIL. Ministério de Meio Ambiente – MMA; Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD (coord). Guia para o inventário nacional de bifenilas policloradas (PCB) em equipamentos elétricos. Abril de 2015.

6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



MARIANA GARCIA COSTA. Graduação: Engenharia Química / UFMG / 2007; Especialização: Engenharia de Processamento de Petróleo / Universidade Petrobras e UERJ / 2009; Mestrado: Programa de pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos na área de concentração de Meio Ambiente / UFMG / 2016. Experiência profissional: Engenheira de Meio Ambiente – Cemig D – 2014 a 2018; Engenheira de Processamento – Petrobras (Engenharia Básica e Refinaria Gabriel Passos) – 2008 a 2013.

SERGIO ROBERTO DIAS. Graduação: Engenharia Operacional Eletrotécnica / UTAM / 1985. Teologia. FACETEN / 2009. Especialização: Engenharia da qualidade / UGF / 2009. Administração e planejamento de projetos sociais / UNIGRANRIO / 2008. Técnico: Curso técnico em eletrônica / CEFET-AM / 1981. Experiência profissional: Engenheiro Eletricista Operacional da Amazonas Energia desde 1985; engenheiro de manutenção; gerente da área de Inspeção de Média e Alta Tensão da Diretoria de Operação da Capital.

GISELE RODRIGUES DOS SANTOS. Graduação: Engenharia Florestal / Universidade do Estado do Amazonas / 2005. Especialização: Gestão Ambiental / Universidade Gama Filho / 2011. Mestrado: Pós graduação em Ciências de Florestas Tropicais, ênfase Silvicultura Tropical / Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia / 2017. Experiência profissional: Eletrobras Distribuição Amazonas/Assessoria de Sustentabilidade e Responsabilidade Socioambiental: Apoio a area de meio ambiente; Gerente da Assessoria (2017/2018); Amazonas Energia/Assessoria de Comunicação e Responsabilidade Social; Apoio a Responsabilidade Social

MIGUEL CARLOS MEDINA PENA. Graduação: Engenharia Elétrica / UPE / 1978; Pós-Graduação Engenharia de Qualidade/ UFPE/1996; Pós-Graduação em Sistemas Elétrico de Potência/UNIFEI/1997; Mestrado em Engenharia Elétrica/ UNIFEI/2003. Experiência profissional: Chefe do Departamento de Manutenção de Subestações da CHESF (2009 a 2013); Superintendente de Manutenção da CHESF (2013 a 2018). Conselheiro Titular da Administração da Usina de Dardanelos (2013 a 2017); Coordenou o Comitê de Estudos de Transformadores do CIGRE-Brasil (2006 a 2014), e atualmente é Membro do CE-A2 do CIGRE.

IVANDRE LUIZ SOARES. Graduação: Engenharia Química / UFPE / 1994. Experiência profissional: Companhia Hidro Elétrica do São Francisco – Chesf / Departamento de Reparo e Ensaios em Equipamentos de Geração e Transmissão – DOMR / Laboratório de Físico-química da Chesf: Análise e Avaliação de Óleo Mineral Isolante empregado na operação e manutenção de Equipamentos Elétricos de Alta Tensão; Análise e Avaliação Óleo Lubrificante empregado nas Usinas Hidrelétricas de Geração de Energia Elétrica; Demais materiais empregados na construção e manutenção de Equipamentos Elétricos de Alta Tensão.

CARLOS EDUARDO ALMEIDA. Graduação: Engenharia Química / UFPR / 2005; Especialização: Engenharia de Campo: Segurança, Meio Ambiente e Saúde (SMS) / PROMINP / PUC-PR / 2008; MBA em Liderança com Ênfase em Gestão / EBS / 2014. Experiência Profissional: Engenheiro Químico – Copel Distribuição S.A. desde 2006.

HILDAMARA BRONDANI COELHO. Graduação: Engenharia Elétrica / UTFPR / 1992; MBA: Controladoria/ USP/2002; Especialização: Gestão para a Sustentabilidade/ Fundação Dom Cabral/2010. Experiência profissional: Engenheira Eletricista Consultora- Copel DIS– desde 1996.

ADRIANA DE CASTRO PASSOS MARTINS. Graduação: Engenharia Química / UFMG / 1996; Especialização: Engenharia de Materiais para o Setor Elétrico / UFPR / 1999. Mestrado: Engenharia Metalúrgica e de Minas / UFMG / 1998. Curso Técnico Profissionalizante: Técnico em Química / CEFET-MG / 1990. Engenheira Química na Cemig GT desde 1997 atuando principalmente na área de monitoramento preditivo de equipamentos elétricos e mecânicos e materiais dielétricos e construtivos. Atual coordenadora do Comitê de Estudos CE D1 – Materiais e Tecnologias Emergentes - do Cigré-Brasil, representante do Brasil no SCD1 – *Study Committe D1-* do Cigré Internacional e integrante do AG D1.01 – *Liquids and Liquid Impregnated Insulation Systems* do SCD1. Atual coordenadora do GA PCB Abradee – Abrate.

COSTABILE DI SESSA. Graduação: Engenharia Química / Escola Politécnica da Universidade de São Paulo / 2005. Experiência profissional: Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG desde 2006 como engenheiro de planejamento da manutenção de geração e transmissão. Atuação em diagnóstico preditivo por meio de análises em óleo isolante, óleo lubrificante e materiais construtivos.