

**Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática da  
Área Ambiental I – Porção Capixaba do Rio Doce e Região  
Marinha e Costeira Adjacente**

**ACES1 – Material Suplementar 1**

**Ambiente Costeiro – Tema Ecotoxicologia**

**RT-42 / JAN 23**

**RSE2022 PMBA/Fest**

Vitória,

Janeiro de 2023

Quadro 1: Estações amostrais referente ao monitoramento de praias realizado pelo Projeto Ecotoxicologia do PMBA/Fest. Coordenadas geográficas apresentadas em UTM Sirgas 2000. Revis: Refúgio de Vida Silvestre; ARIE: Área de Relevante Interesse Ecológico.

ESTAÇÃO AMOSTRAL	CÓDIGO	UNIDADE DE CONSERVAÇÃO	COORDENADAS UTM (datum SIGAS 2000)	
			LATITUDE	LONGITUDE
Aracruz 1 - Refúgio	ARR	Revis Santa Cruz	7787892,37	379908,15
Aracruz 2 - Putiri	ARP	Revis Santa Cruz	7795558,41	382269,99
Doce Sul 1 - Barra do Riacho	DSB	Reserva Indígena de Comboios	7807767,56	389346,33
Doce Sul 2 - Comboios	DSC	Reserva Indígena de Comboios	7818546,19	398483,36
Doce Sul 3 - Regência	DSR	Reserva Biológica de Comboios	7824460,93	407416,09
Doce Norte 1 - Povoação	DNP	-	7834350,26	417863,32
Doce Norte 2 - Vila de Cacimbas	DNC	ARIE do Degredo	7857980,26	426646,32
Doce Norte 3 - Pontal do Ipiranga	DNPI	-	7877396,26	425784,32
Doce Norte 4 - Urussuquara	DNU	-	7897769,26	423026,32
Doce Norte 5 - Guriri	DNG	-	7929528,26	421308,32

Quadro 2: Estações amostrais referentes ao monitoramento de manguezais realizado pelo Projeto Ecotoxicologia do PMBA/Fest. Coordenadas geográficas apresentadas em UTM Sirgas 2000. APA: Área de Proteção Ambiental; Revis: Refúgio de Vida Silvestre; RDS: Reserva de Desenvolvimento Sustentável

ESTAÇÃO AMOSTRAL	CÓDIGO	UNIDADE DE CONSERVAÇÃO	COORDENADAS UTM (datum SIGAS 2000)	
			LATITUDE	LONGITUDE
Rio Piraquê-Açú	PAM	RDS Municipal Piraquê-Açú e Piraquê-Mirim	7793773,70	375807,78
RVS Santa Cruz 1	RSC1	Revis Santa Cruz	7789712,90	380046,67
RVS Santa Cruz 2	RSC2	Revis Santa Cruz	7791054,80	380874,96
Foz de Regência	FRG	-	7827888,28	413724,67
Rio Urussuquara	RUR	-	7883642,67	423977,15
Rio Mariricu	RMA	-	7904064,17	421175,81
Rio São Mateus	RSM	APA Conceição da Barra	7941617,31	421850,06
Rio Caravelas	RCA	APA Ponta da Baleia/Abrolhos	8037466,47	476880,37

Figura 1: Mapa da malha amostral costeira monitorada pelo Projeto Ecotoxicologia PMBA/Fest. A nomenclatura das estações amostrais e as respectivas coordenadas geográficas encontram-se descritas no Quadro 1 (praias) e Quadro 2 (mangues).

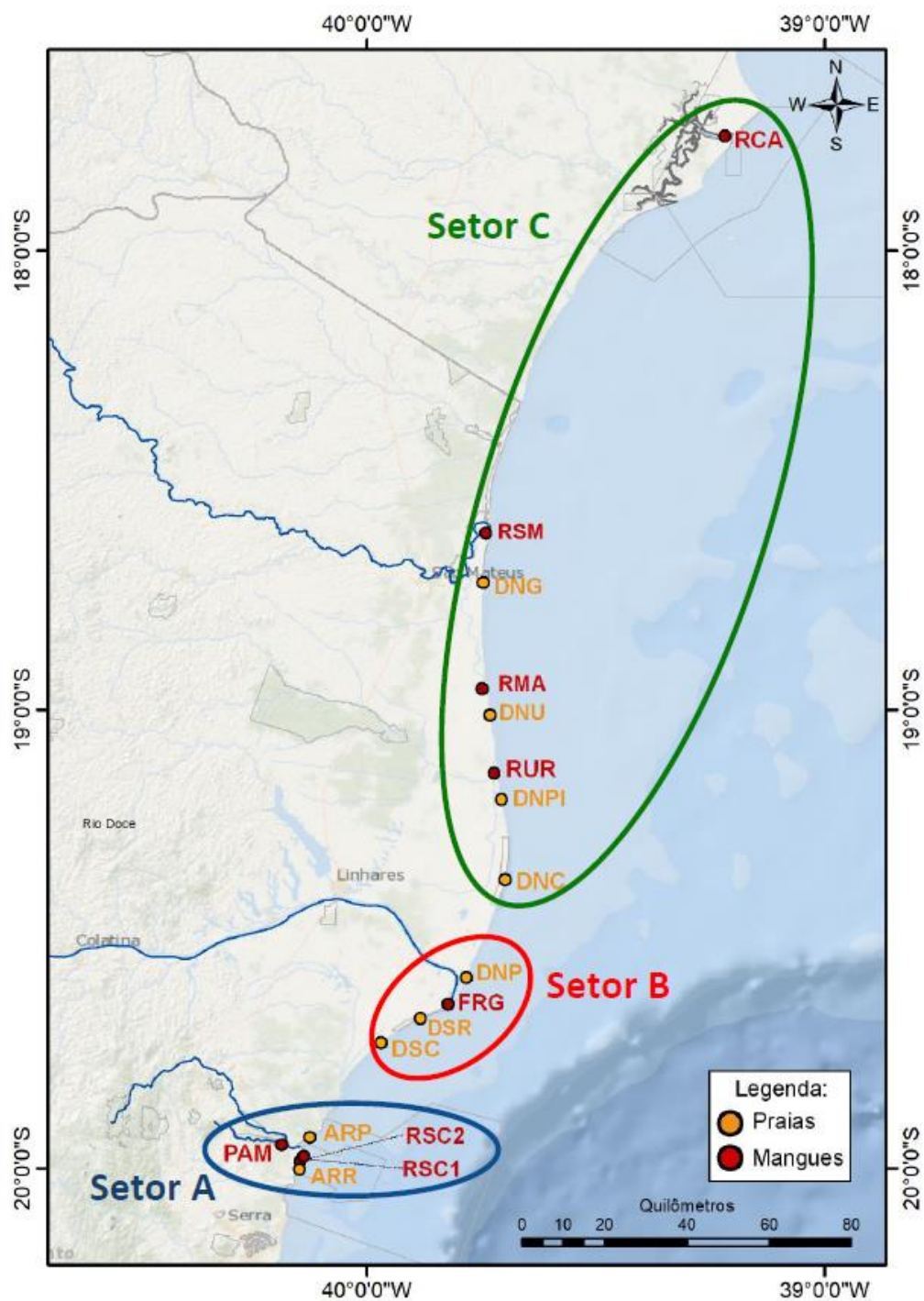


Figura 2: Análise de Componentes Principais aplicada para os dados de concentração de Alumínio (Al), Arsênio (As), Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Mercúrio (Hg), Níquel (Ni) e Zinco (Zn) em amostras de brânquias (b), hepatopâncreas (h) e músculo (m) de caranguejos de manguezais coletados durante a Campanha 7 (período chuvoso, mar 2022). Código dos pontos amostrais: Setor A [Revis Santa Cruz (RSC1 e RSC2) e Confluência do Piraquê-Açu e Mirim (PAM)], Setor B [foz do Rio Doce em Regência (FRG)] e Setor C [Rio Urussuquara (RUR), Rio Mariricu (RMA), Rio São Mateus (RSM) e Rio Caravelas (RCA)].

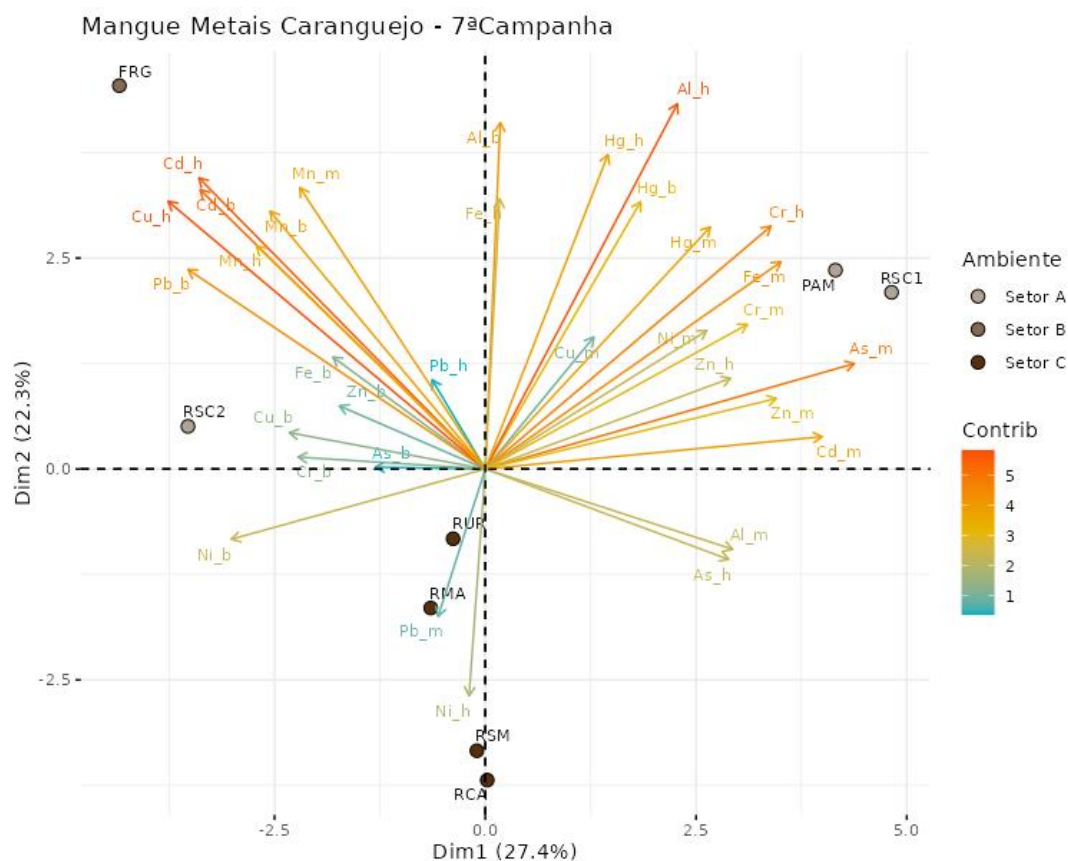


Figura 3: Índice de bioacumulação de metais e As (IBR bioacumulação) para caranguejos de mangue coletados nos diferentes setores da malha amostral costeira durante a Campanha 1 (set/out 2018 – período seco), Campanha 2 (jan/fev 2019 – período chuvoso), Campanha 3 (set/out 2019 – período seco), Campanha 4 (jan/fev 2020 – período chuvoso), Campanha 5 (jan/fev 2021 – período chuvoso), Campanha 6 (jun/ago 2021 – período seco) e Campanha 7 (período chuvoso, mar 2022). Classificação por setores: Setor A (Revis Santa Cruz, pontos RSC1 e RSC2; e Confluência do Piraquê-Açu e Mirim, ponto PAM), Setor B (Foz do Rio Doce, ponto FRG), e Setor C (Rio Urussuquara, ponto RUR; Rio Mariricu, ponto RMA; Rio São Mateus, ponto RSM; e Rio Caravelas, ponto RCA).

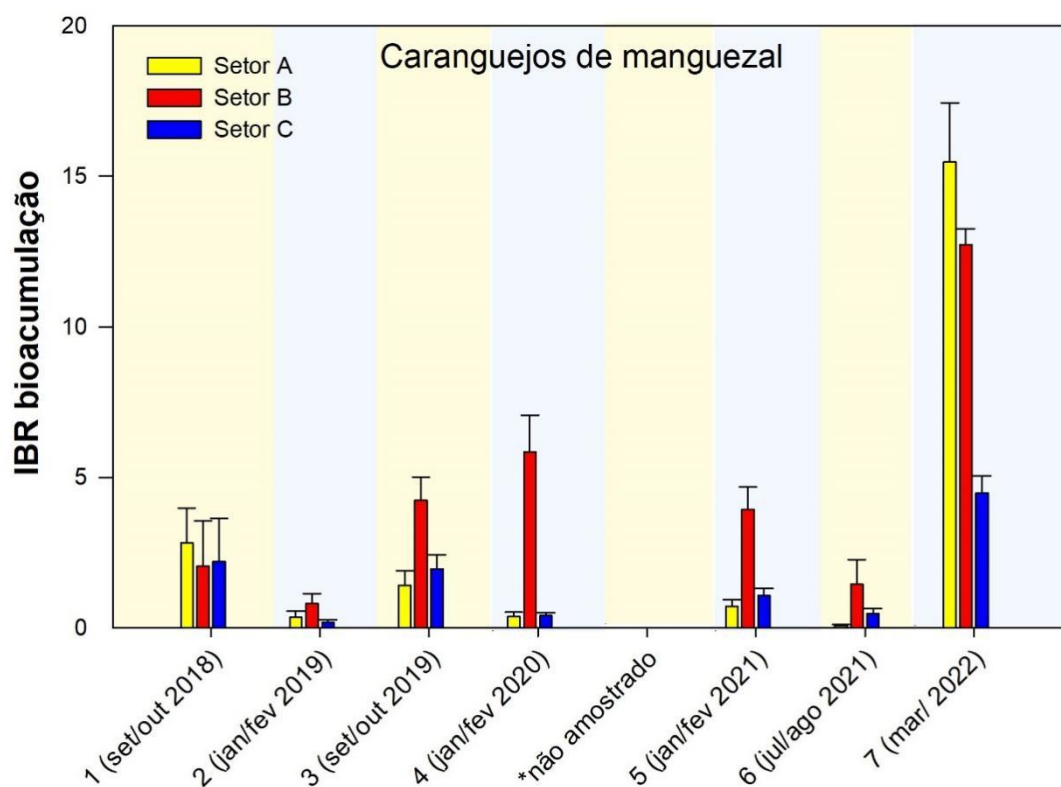


Figura 4: Gráficos de radar obtidos a partir do Índice de bioacumulação de metais e As (IBR bioacumulação) para caranguejos de mangue coletados nos diferentes setores da malha amostral costeira durante a Campanha 1 (set/out 2018 – período seco), Campanha 2 (jan/fev 2019 – período chuvoso), Campanha 3 (set/out 2019 – período seco), Campanha 4 (jan/fev 2020 – período chuvoso), Campanha 5 (jan/fev 2021 – período chuvoso), Campanha 6 (jun/ago 2021 – período seco) e Campanha 7 (período chuvoso, mar 2022). Classificação por setores: Setor A (Revis Santa Cruz, pontos RSC1 e RSC2; e Confluência do Piraquê-Açu e Mirim, ponto PAM), Setor B (Foz do Rio Doce, ponto FRG), e Setor C (Rio Urussuquara, ponto RUR; Rio Maricú, ponto RMA; Rio São Mateus, ponto RSM; e Rio Caravelas, ponto RCA). Os gráficos de radar obtidos a partir do IBR bioacumulação mostram a variação espaço temporal de cada elemento e a contribuição destes para a composição do índice.

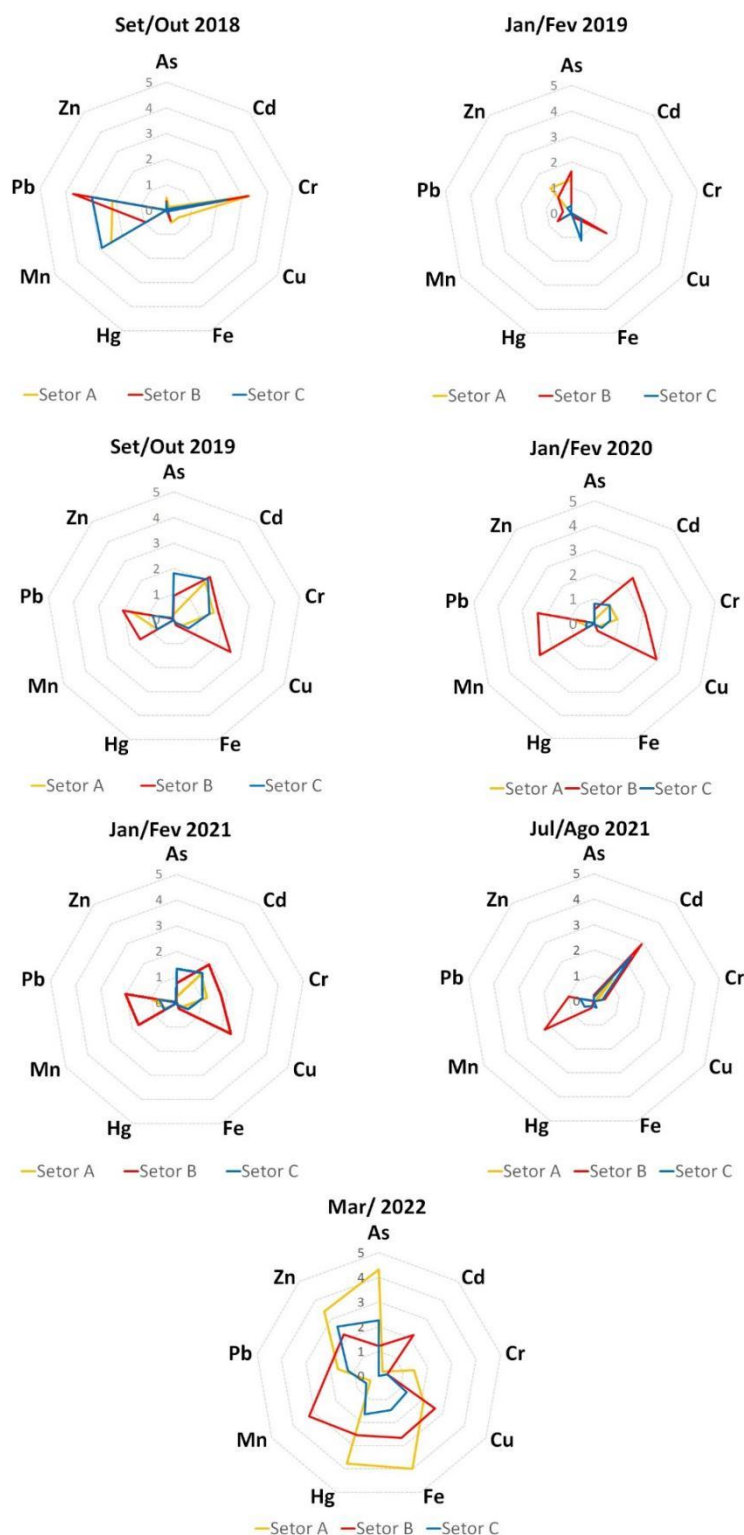




Figura 5: Análise de Componentes Principais aplicada para os dados de concentração de Alumínio (Al), Arsênio (As), Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Mercúrio (Hg), Níquel (Ni) e Zinco (Zn) em amostras de brânquias (b), hepatopâncreas (h) e músculo (m) de caranguejos de praia coletados durante a Campanha 7 (período chuvoso, mar 2022). Código dos pontos amostrais: Setor A [Aracruz – Refúgio (ARR) e Aracruz – Putiri (ARP)], Setor B [Comboios (DSC), Regência (DSR) e Povoação (DNP)], e Setor C [Vila de Cacimbas (DNC), Pontal do Ipiranga (DNPI), Urussuquara (DNU) e Guriri (DNG)].

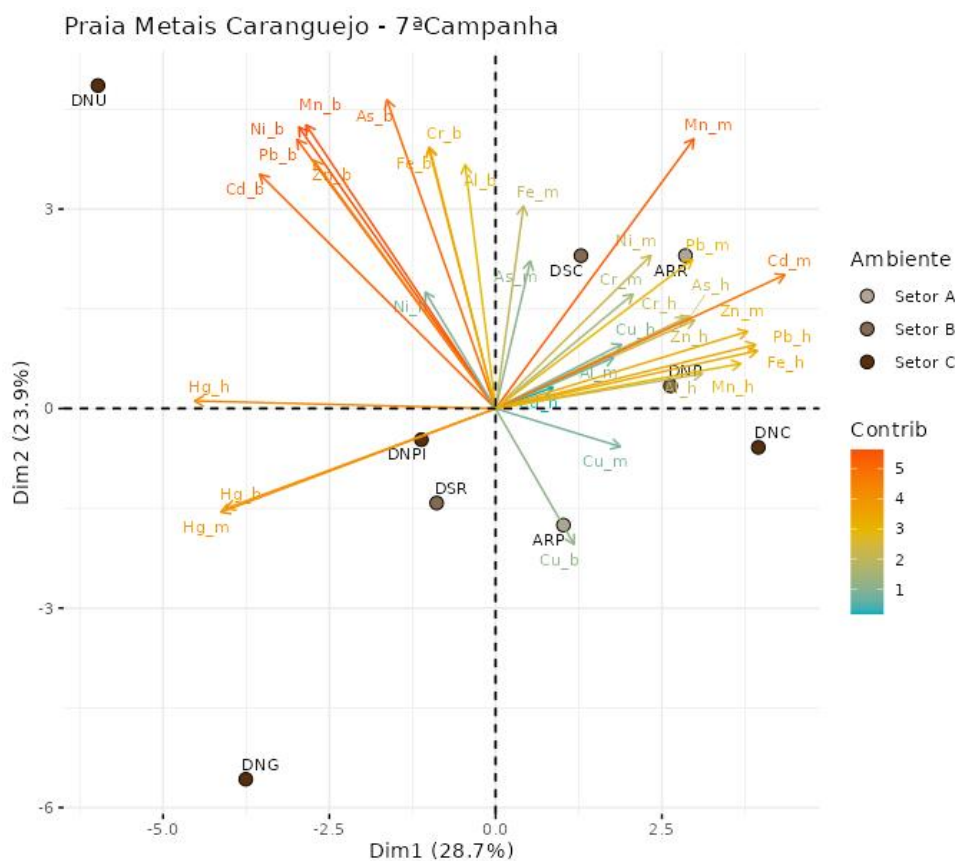


Figura 6: Índice de bioacumulação de metais e As (IBR bioacumulação) para caranguejos de praia coletados nos diferentes setores da malha amostral costeira durante a Campanha 1 (set/out 2018 – período seco), Campanha 2 (jan/fev 2019 – período chuvoso), Campanha 3 (set/out 2019 – período seco), Campanha 4 (jan/fev 2020 – período chuvoso), Campanha 5 (jan/fev 2021 – período chuvoso), Campanha 6 (jun/ago 2021 – período seco) e Campanha 7 (período chuvoso, mar 2022). Classificação por setores: Setor A (Aracruz – Refúgio, ponto ARR; e Aracruz – Putiri, ponto ARP), Setor B (Comboios, ponto DSC; Regência, ponto DSR; e Povoação, ponto DNP), e Setor C (Vila de Cacimbas, ponto DNC; Pontal do Ipiranga, ponto DNPI; Urussuquara, ponto DNU; e Guriri, ponto DNG).

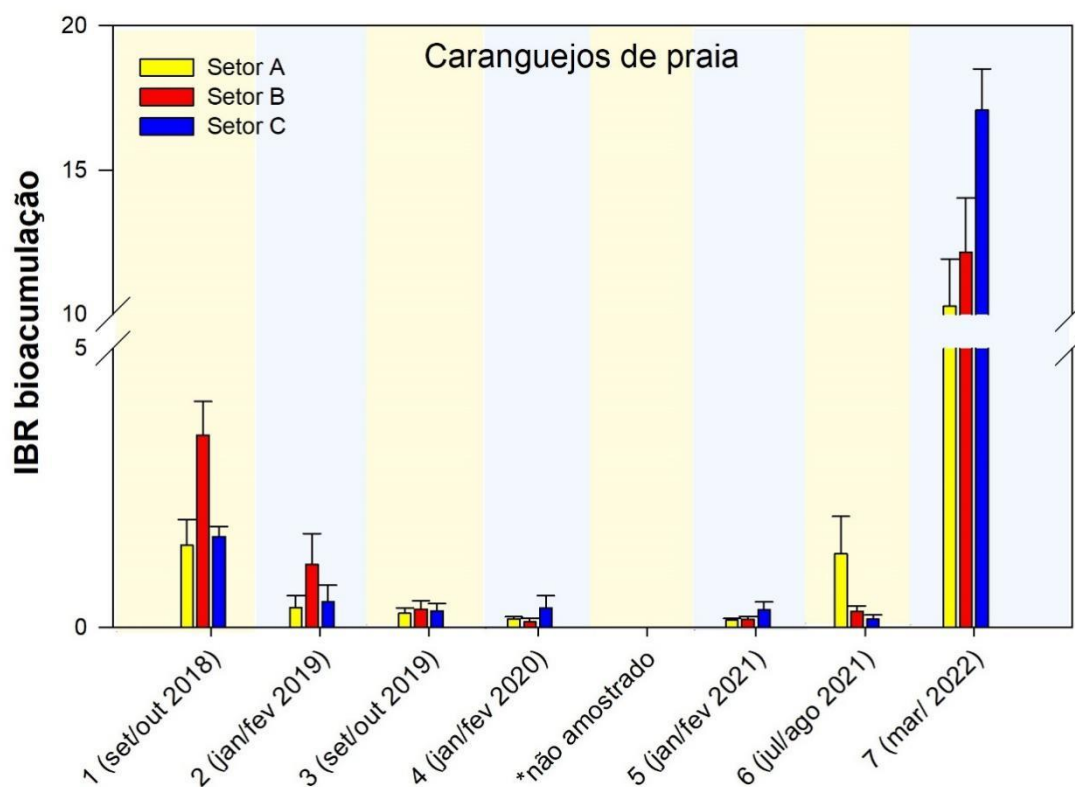
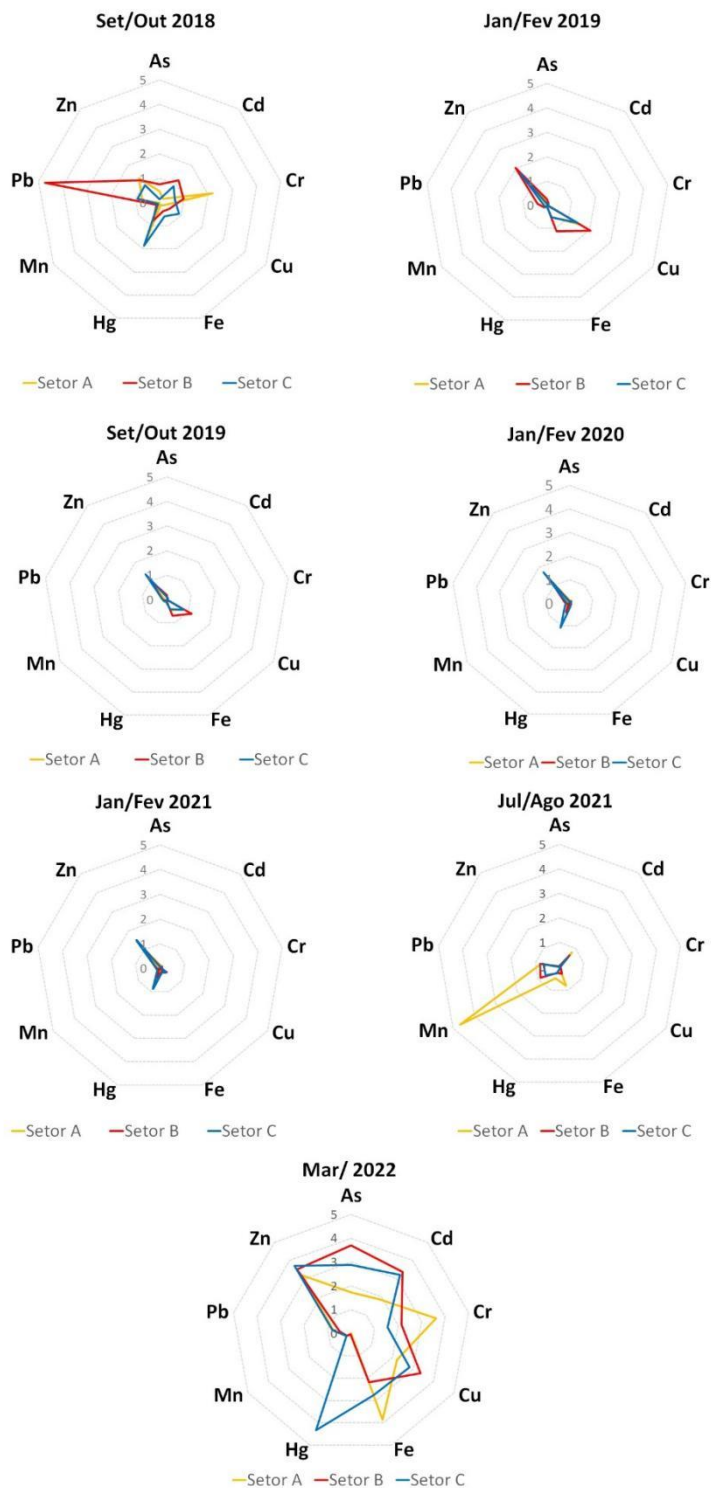




Figura 7: Gráficos de radar obtidos a partir do Índice de bioacumulação de metais e As (IBR bioacumulação) para caranguejos de praia coletados nos diferentes setores da malha amostral costeira durante a Campanha 1 (set/out 2018 – período seco), Campanha 2 (jan/fev 2019 – período chuvoso), Campanha 3 (set/out 2019 – período seco), Campanha 4 (jan/fev 2020 – período chuvoso), Campanha 5 (jan/fev 2021 – período chuvoso), Campanha 6 (jun/ago 2021 – período seco) e Campanha 7 (período chuvoso, mar 2022). Classificação por setores: Setor A (Aracruz – Refúgio, ponto ARR; e Aracruz – Putiri, ponto ARP), Setor B (Comboios, ponto DSC; Regência, ponto DSR; e Povoação, ponto DNP), e Setor C (Vila de Cacimbas, ponto DNC; Pontal do Ipiranga, ponto DNPI; Urussuquara, ponto DNU; e Guriri, ponto DNG). Os gráficos de radar obtidos a partir do IBR bioacumulação mostram a variação espaço temporal de cada elemento e a contribuição destes para a composição do índice.



Relatório Semestral de Evolução 2022 – PMBA/Fest



Figura 9: Índice de bioacumulação de metais e As (IBR bioacumulação) para anfípodas (anf) e isópodas (iso) coletados no ambiente praiar nos diferentes setores da malha amostral costeira durante a Campanha 1 (set/out 2018 – período seco), Campanha 2 (jan/fev 2019 – período chuvoso), Campanha 3 (set/out 2019 – período seco), Campanha 4 (jan/fev 2020 – período chuvoso), Campanha 5 (jan/fev 2021 – período chuvoso), Campanha 6 (jun/ago 2021 – período seco) e Campanha 7 (período chuvoso, mar 2022). Classificação por setores: Setor A (Aracruz – Refúgio, ponto ARR; e Aracruz – Putiri, ponto ARP), Setor B (Comboios, ponto DSC; Regência, ponto DSR; e Povoação, ponto DNP), e Setor C (Vila de Cacimbas, ponto DNC; Pontal do Ipiranga, ponto DNPI; Urussuquara, ponto DNU; e Guriri, ponto DNG).

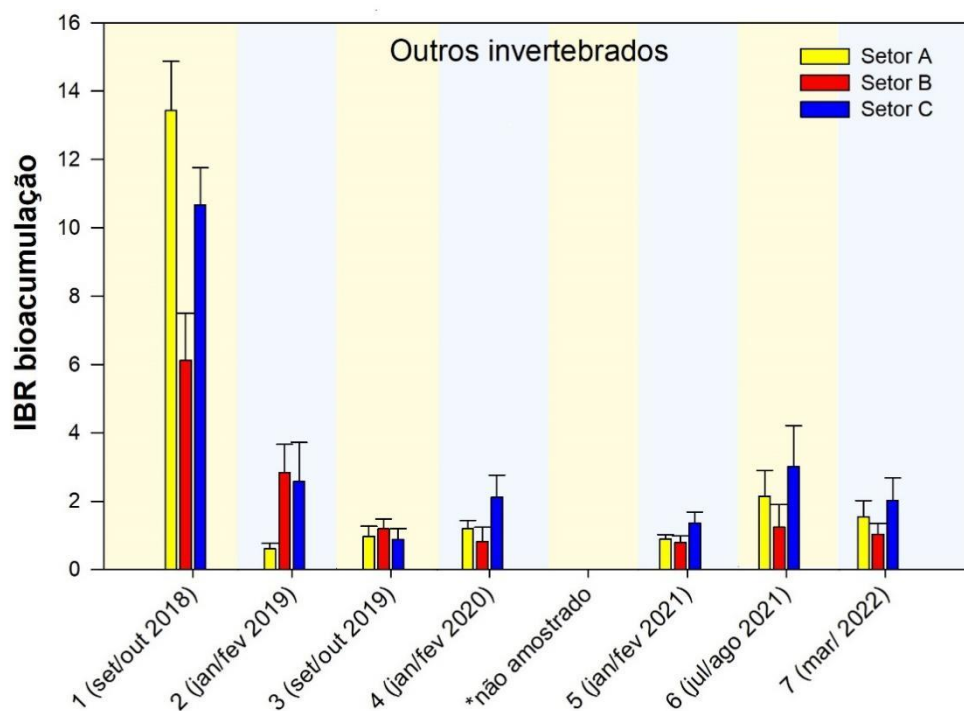


Figura 10: Gráficos de radar obtidos a partir do Índice de bioacumulação de metais e As (IBR bioacumulação) para anfípodas (anf) e isópodas (iso) coletados no ambiente praiar nos diferentes setores da malha amostral costeira durante a Campanha 1 (set/out 2018 – período seco), Campanha 2 (jan/fev 2019 – período chuvoso), Campanha 3 (set/out 2019 – período seco), Campanha 4 (jan/fev 2020 – período chuvoso), Campanha 5 (jan/fev 2021 – período chuvoso), Campanha 6 (jun/ago 2021 – período seco) e Campanha 7 (período chuvoso, mar 2022). Classificação por setores: Setor A (Aracruz – Refúgio, ponto ARR; e Aracruz – Putiri, ponto ARP), Setor B (Comboios, ponto DSC; Regência, ponto DSR; e Povoação, ponto DNP), e Setor C (Vila de Cacimbas, ponto DNC; Pontal do Ipiranga, ponto DNPI; Urussuquara, ponto DNU; e Guriri, ponto DNG). Os gráficos de radar obtidos a partir do IBR bioacumulação mostram a variação espaço temporal de cada elemento e a contribuição destes para a composição do índice.

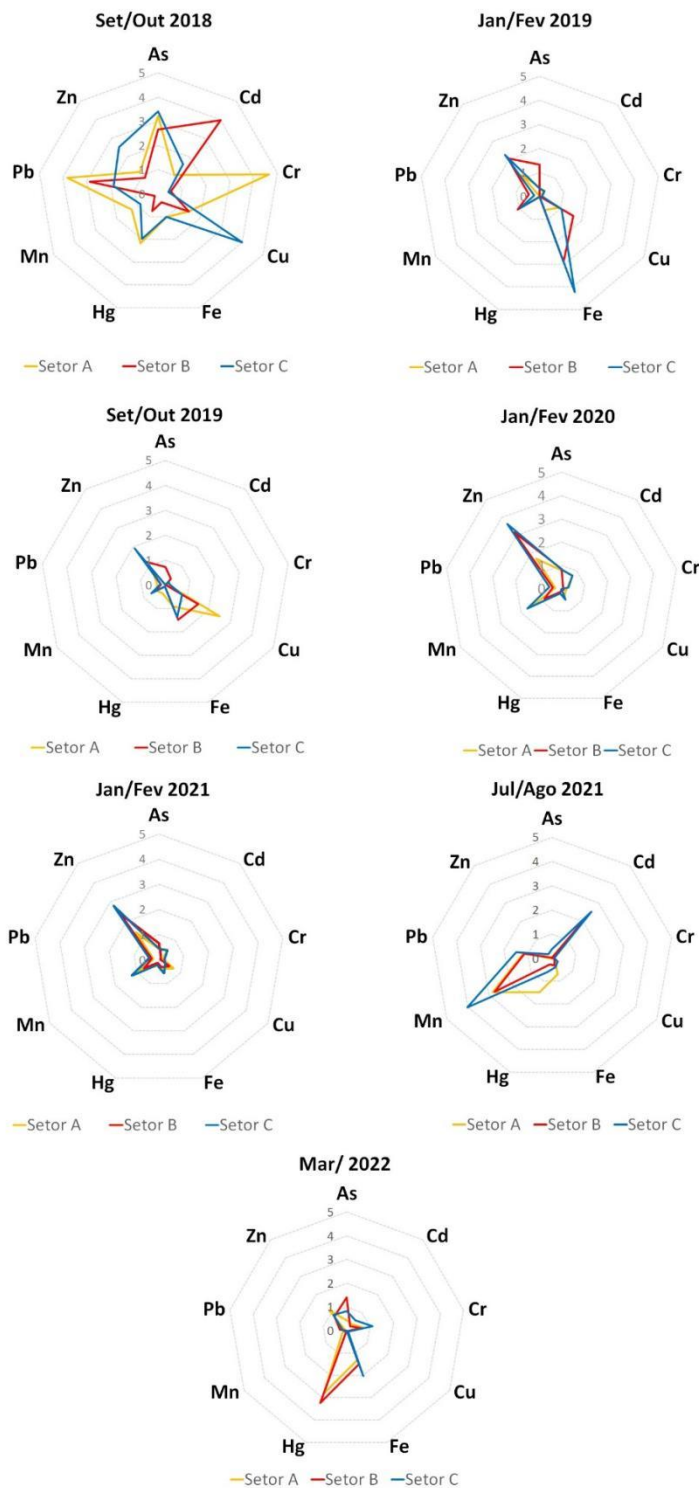


Figura 11: Análise de Componentes Principais aplicada para os dados de lipoperoxidação em brânquia (LPO\_b) e hepatopâncreas (LPO\_h), metalotioneínas (MT) em hepatopâncreas, proteínas carboniladas (PCO) em músculo e danos no DNA (AP) em hemócitos de caranguejos coletados em manguezais durante a Campanha 7 (período chuvoso, mar 2022). Código dos pontos amostrais: Setor A [Revis Santa Cruz (RSC1 e RSC2) e Confluência do Piraquê-Açu e Mirim (PAM)], Setor B [foz do Rio Doce em Regência (FRG)] e Setor C [Rio Urussuquara (RUR), Rio Mariricu (RMA), Rio São Mateus (RSM) e Rio Caravelas (RCA)].

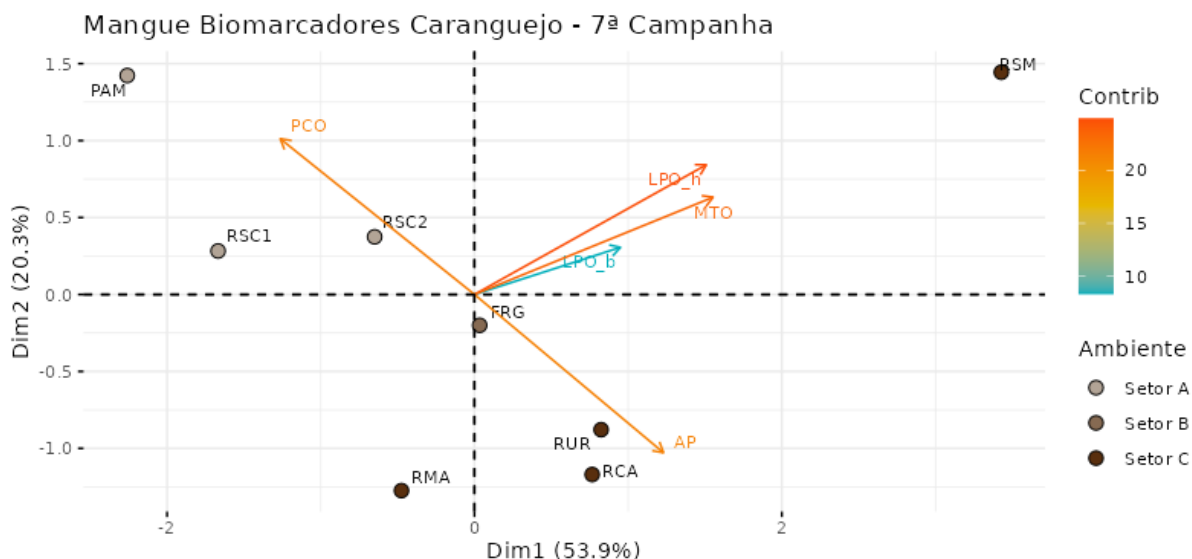


Figura 12: Índice de resposta biológica (IBR biomarcador) para caranguejos de mangue coletados nos diferentes setores da malha amostral costeira durante a Campanha 1 (set/out 2018 – período seco), Campanha 2 (jan/fev 2019 – período chuvoso), Campanha 3 (set/out 2019 – período seco), Campanha 4 (jan/fev 2020 – período chuvoso), Campanha 5 (jan/fev 2021 – período chuvoso), Campanha 6 (jun/ago 2021 – período seco) e Campanha 7 (período chuvoso, mar 2022). Classificação por setores: Setor A (Revis Santa Cruz, pontos RSC1 e RSC2; e Confluência do Piraquê-Açu e Mirim, ponto PAM), Setor B (Foz do Rio Doce, ponto FRG), e Setor C (Rio Urussuquara, ponto RUR; Rio Mariricu, ponto RMA; Rio São Mateus, ponto RSM; e Rio Caravelas, ponto RCA).

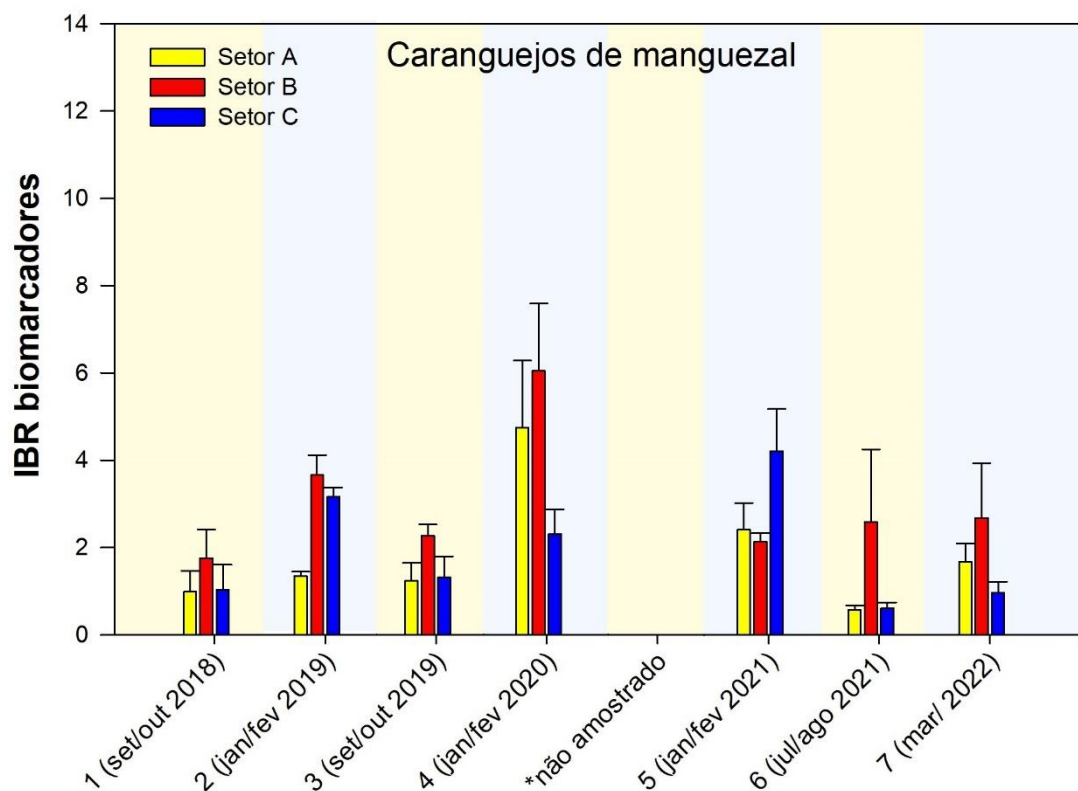




Figura 13: Gráficos de radar obtidos a partir do Índice de Resposta Biológica (IBR biomarcador) para caranguejos de mangue coletados nos diferentes setores da malha amostral costeira durante a Campanha 1 (set/out 2018 – período seco), Campanha 2 (jan/fev 2019 – período chuvoso), Campanha 3 (set/out 2019 – período seco), Campanha 4 (jan/fev 2020 – período chuvoso), Campanha 5 (jan/fev 2021 – período chuvoso), Campanha 6 (jun/ago 2021 – período seco) e Campanha 7 (período chuvoso, mar 2022). Classificação por setores: Setor A (Revis Santa Cruz, pontos RSC1 e RSC2; e Confluência do Piraquê-Açu e Mirim, ponto PAM), Setor B (Foz do Rio Doce, ponto FRG), e Setor C (Rio Urussuquara, ponto RUR; Rio Mariricu, ponto RMA; Rio São Mateus, ponto RSM; e Rio Caravelas, ponto RCA). Os gráficos de radar obtidos a partir do IBR biomarcador mostram a variação espaço temporal de cada biomarcador e a contribuição destes para a composição do índice.

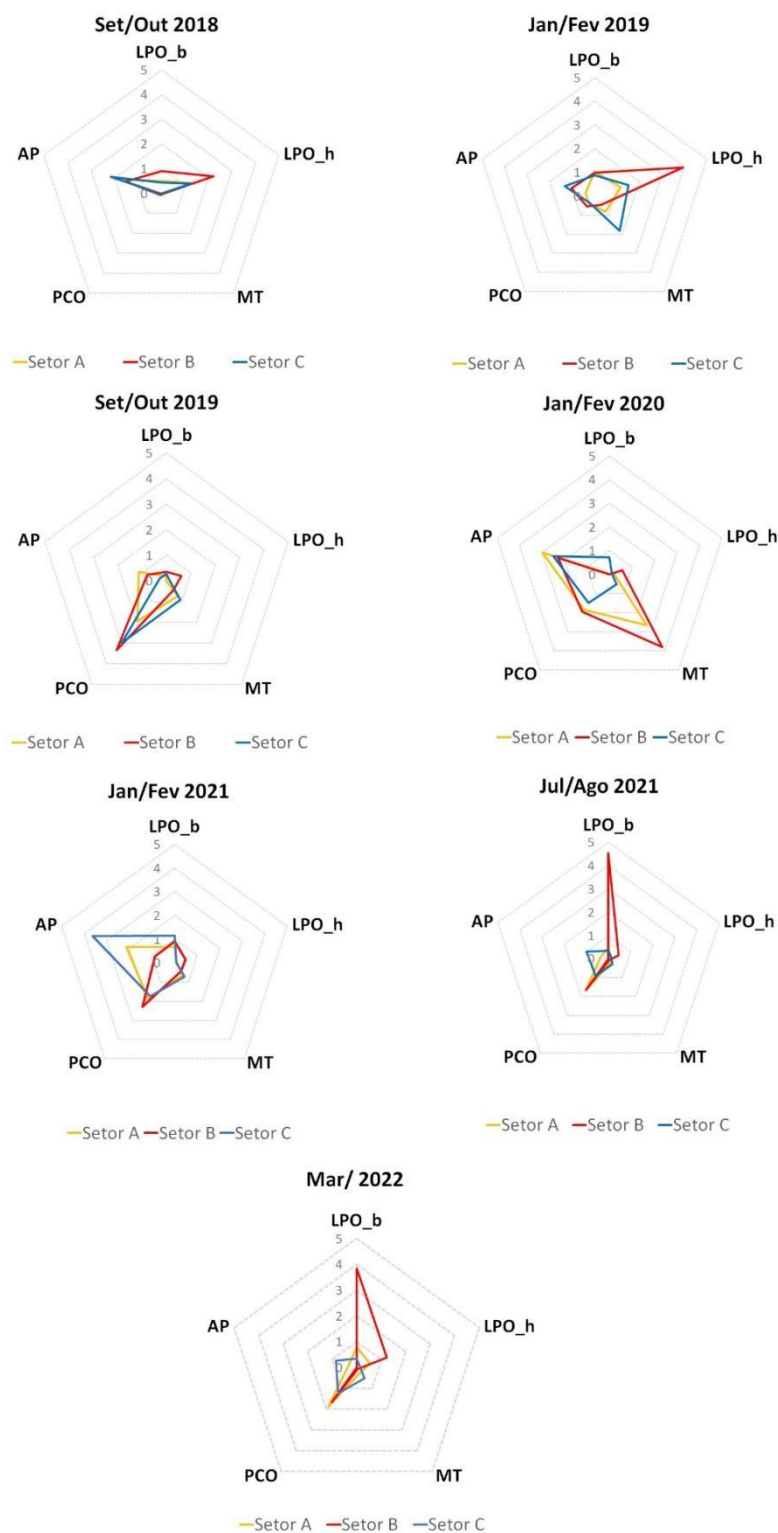


Figura 14: Análise de Componentes Principais aplicada para os dados de lipoperoxidação em brânquia (LPO\_b) e hepatopâncreas (LPO\_h), metalotioneínas (MT) em hepatopâncreas, proteínas carboniladas (PCO) em músculo e danos no DNA (AP) em hemócitos de caranguejos de praia coletados durante a Campanha 7 (período chuvoso, mar 2022). Código dos pontos amostrais: Setor A [Aracruz – Refúgio (ARR) e Aracruz – Putiri (ARP)], Setor B [Comboios (DSC), Regência (DSR) e Povoação (DNP)], e Setor C [Vila de Cacimbas (DNC), Pontal do Ipiranga (DNPI), Urussuquara (DNU) e Guriri (DNG)].

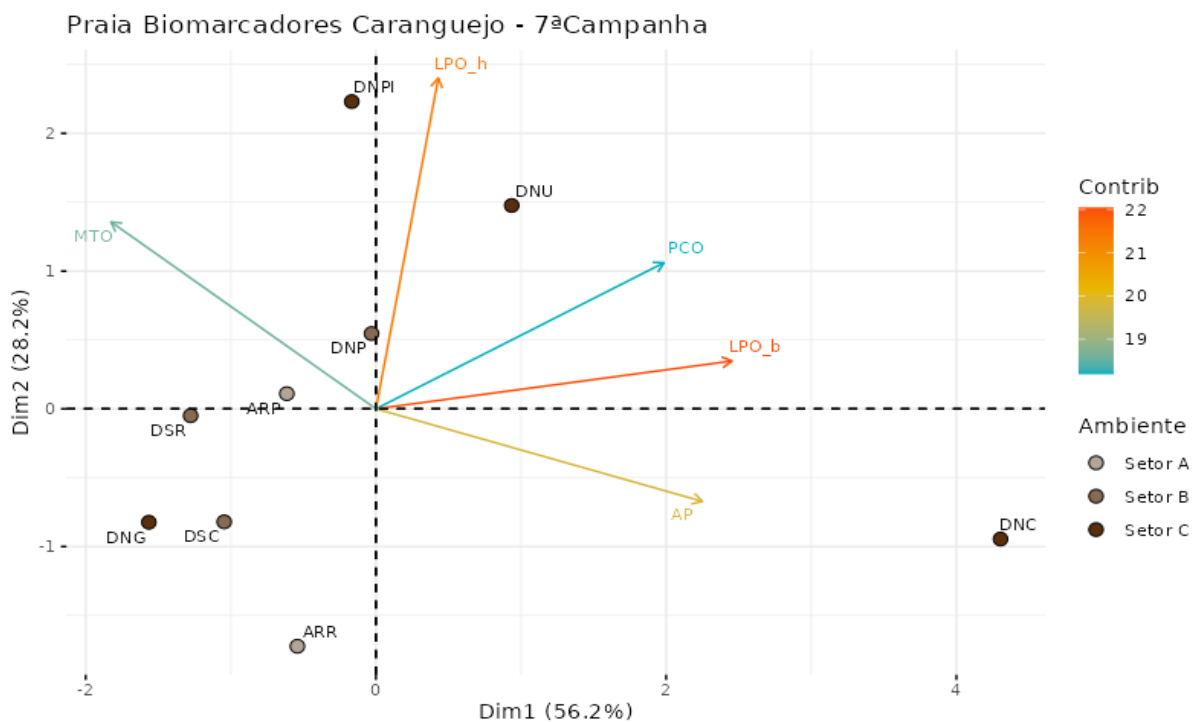


Figura 15: Índice de resposta biológica (IBR biomarcador) para caranguejos de praia coletados nos diferentes setores da malha amostral costeira durante a Campanha 1 (set/out 2018 – período seco), Campanha 2 (jan/fev 2019 – período chuvoso), Campanha 3 (set/out 2019 – período seco), Campanha 4 (jan/fev 2020 – período chuvoso), Campanha 5 (jan/fev 2021 – período chuvoso), Campanha 6 (jun/ago 2021 – período seco) e Campanha 7 (período chuvoso, mar 2022). Classificação por setores: Setor A (Aracruz – Refúgio, ponto ARR; e Aracruz – Putiri, ponto ARP), Setor B (Comboios, ponto DSC; Regência, ponto DSR; e Povoação, ponto DNP), e Setor C (Vila de Cacimbas, ponto DNC; Pontal do Ipiranga, ponto DNPI; Urussuquara, ponto DNU; e Guriri, ponto DNG).

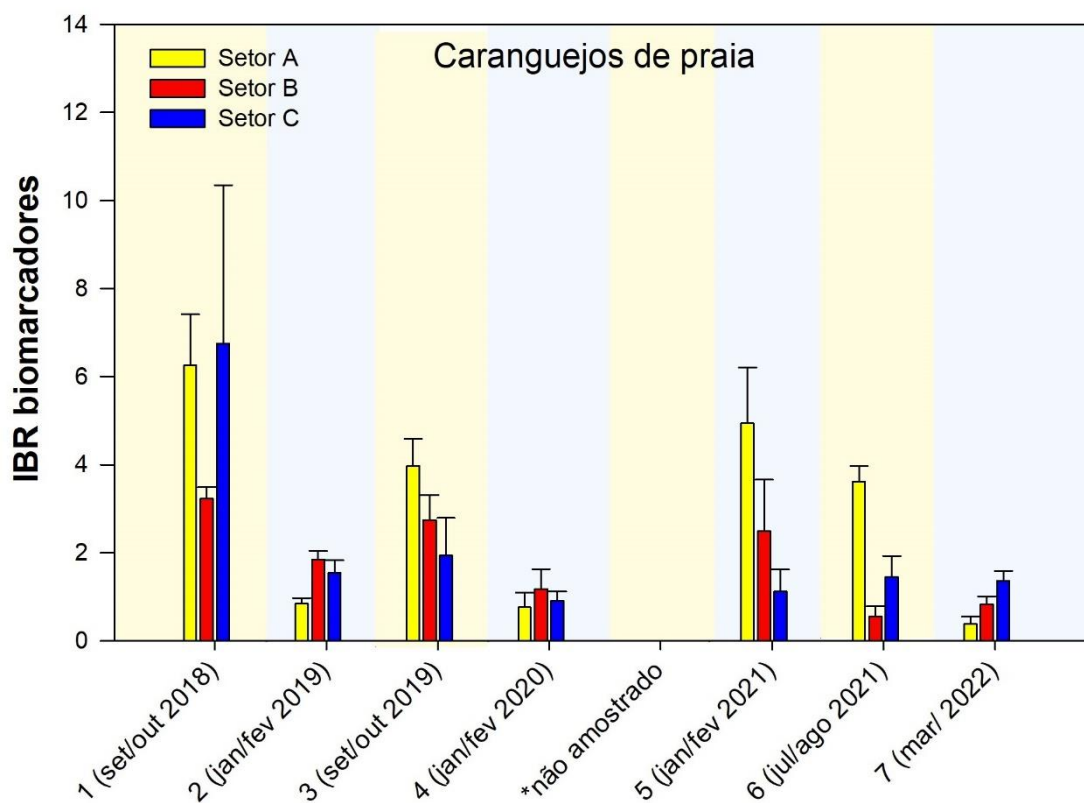


Figura 16: Gráficos de radar obtidos a partir do Índice de Resposta Biológica (IBR biomarcador) para caranguejos de praia coletados nos diferentes setores da malha amostral costeira durante a Campanha 1 (set/out 2018 – período seco), Campanha 2 (jan/fev 2019 – período chuvoso), Campanha 3 (set/out 2019 – período seco), Campanha 4 (jan/fev 2020 – período chuvoso), Campanha 5 (jan/fev 2021 – período chuvoso), Campanha 6 (jun/ago 2021 – período seco) e Campanha 7 (período chuvoso, mar 2022). Classificação por setores: Setor A (Aracruz – Refúgio, ponto ARR; e Aracruz – Putiri, ponto ARP), Setor B (Comboios, ponto DSC; Regência, ponto DSR; e Povoação, ponto DNP), e Setor C (Vila de Cacimbas, ponto DNC; Pontal do Ipiranga, ponto DNPI; Urussuquara, ponto DNU; e Guriri, ponto DNG). Os gráficos de radar obtidos a partir do IBR biomarcador mostram a variação espaço temporal de cada biomarcador e a contribuição destes para a composição do índice.

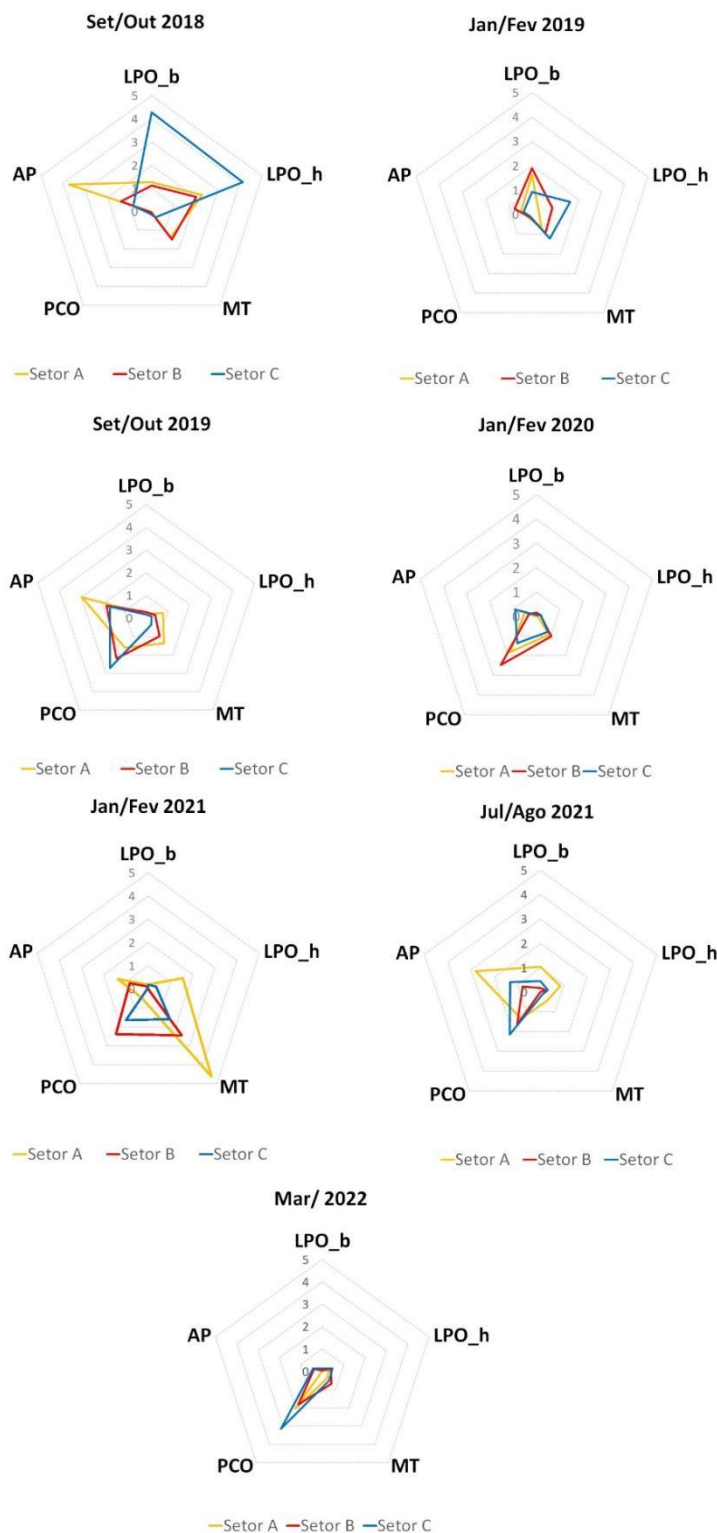


Figura 17: Análise de Componentes Principais aplicada para os dados de lipoperoxidação (LPO) e metalotioneínas (MT) em anfípodas (anf) e isópodas (iso) de praia coletados durante a Campanha 7 (período chuvoso, mar 2022). Código dos pontos amostrais: Setor A [Aracruz – Refúgio (ARR) e Aracruz – Putiri (ARP)], Setor B [Comboios (DSC), Regência (DSR) e Povoação (DNP)], e Setor C [Vila de Cacimbas (DNC), Pontal do Ipiranga (DNPI), Urussuquara (DNU) e Guriri (DNG)].

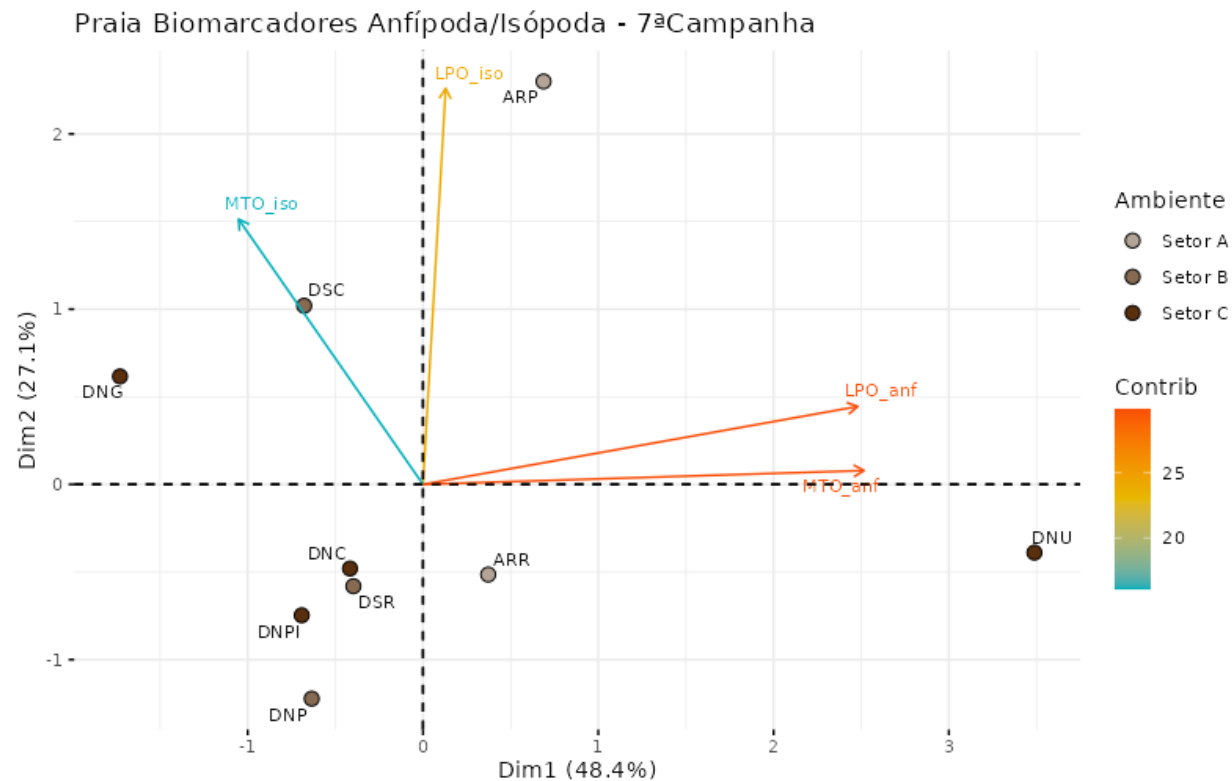


Figura 18: Índice de resposta biológica (IBR biomarcador) para anfípodos e isópodos coletados no ambiente praial nos diferentes setores da malha amostral costeira durante a Campanha 1 (set/out 2018 – período seco), Campanha 2 (jan/fev 2019 – período chuvoso), Campanha 3 (set/out 2019 – período seco), Campanha 4 (jan/fev 2020 – período chuvoso), Campanha 5 (jan/fev 2021 – período chuvoso), Campanha 6 (jun/ago 2021 – período seco) e Campanha 7 (período chuvoso, mar 2022). Classificação por setores: Setor A (Aracruz – Refúgio, ponto ARR; e Aracruz – Putiri, ponto ARP), Setor B (Comboios, ponto DSC; Regência, ponto DSR; e Povoação, ponto DNP), e Setor C (Vila de Cacimbas, ponto DNC; Pontal do Ipiranga, ponto DNPI; Urussuquara, ponto DNU; e Guriri, ponto DNG).

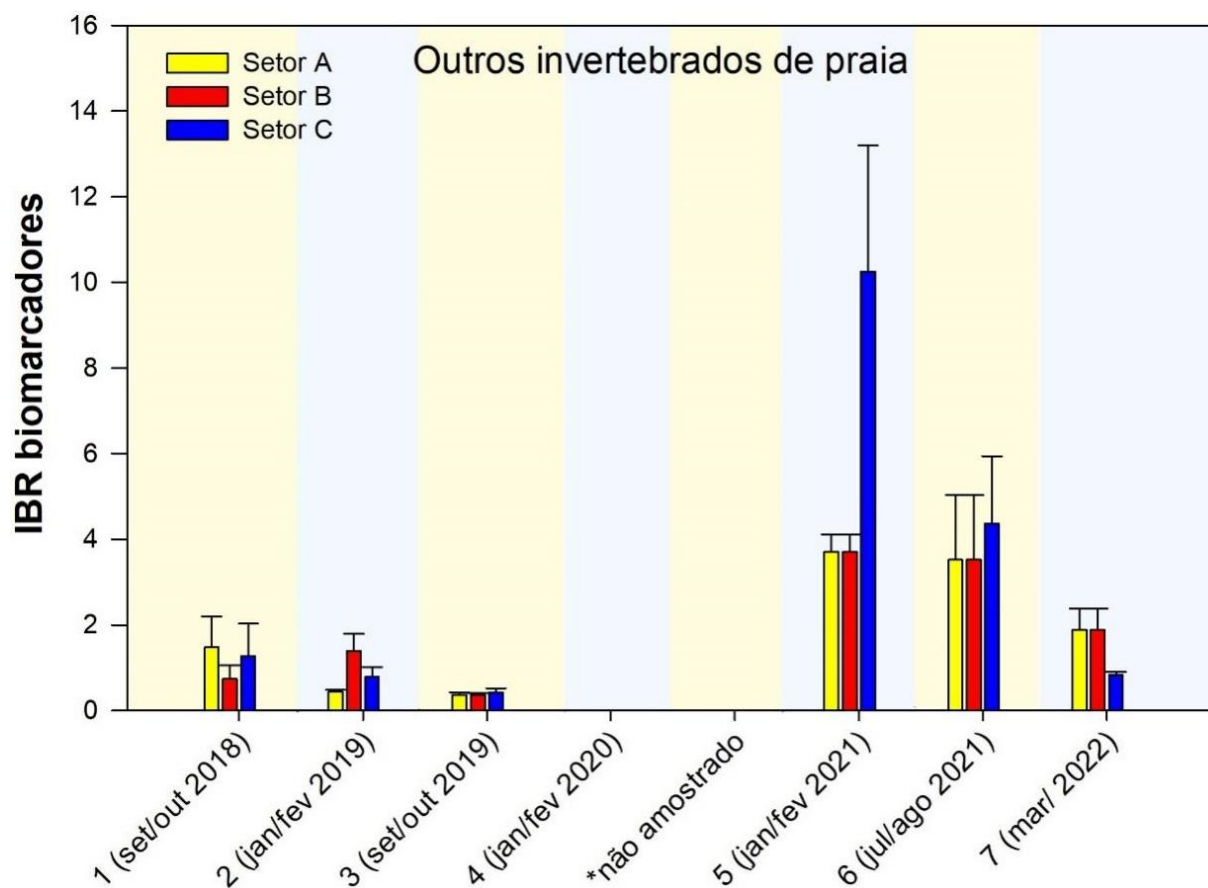




Figura 19: Gráficos de radar obtidos a partir do Índice de Resposta Biológica (IBR biomarcador) para anfípodos e isópodos coletados no ambiente praiar nos diferentes setores da malha amostral costeira durante a Campanha 1 (set/out 2018 – período seco), Campanha 2 (jan/fev 2019 – período chuvoso), Campanha 3 (set/out 2019 – período seco), Campanha 4 (jan/fev 2020 – período chuvoso), Campanha 5 (jan/fev 2021 – período chuvoso), Campanha 6 (jun/ago 2021 – período seco) e Campanha 7 (período chuvoso, mar 2022). Classificação por setores: Setor A (Aracruz – Refúgio, ponto ARR; e Aracruz – Putiri, ponto ARP), Setor B (Comboios, ponto DSC; Regência, ponto DSR; e Povoação, ponto DNP), e Setor C (Vila de Cacimbas, ponto DNC; Pontal do Ipiranga, ponto DNPI; Urussuquara, ponto DNU; e Guriri, ponto DNG). Os gráficos de radar obtidos a partir do IBR biomarcador mostram a variação espaço temporal de cada biomarcador e a contribuição destes para a composição do índice.

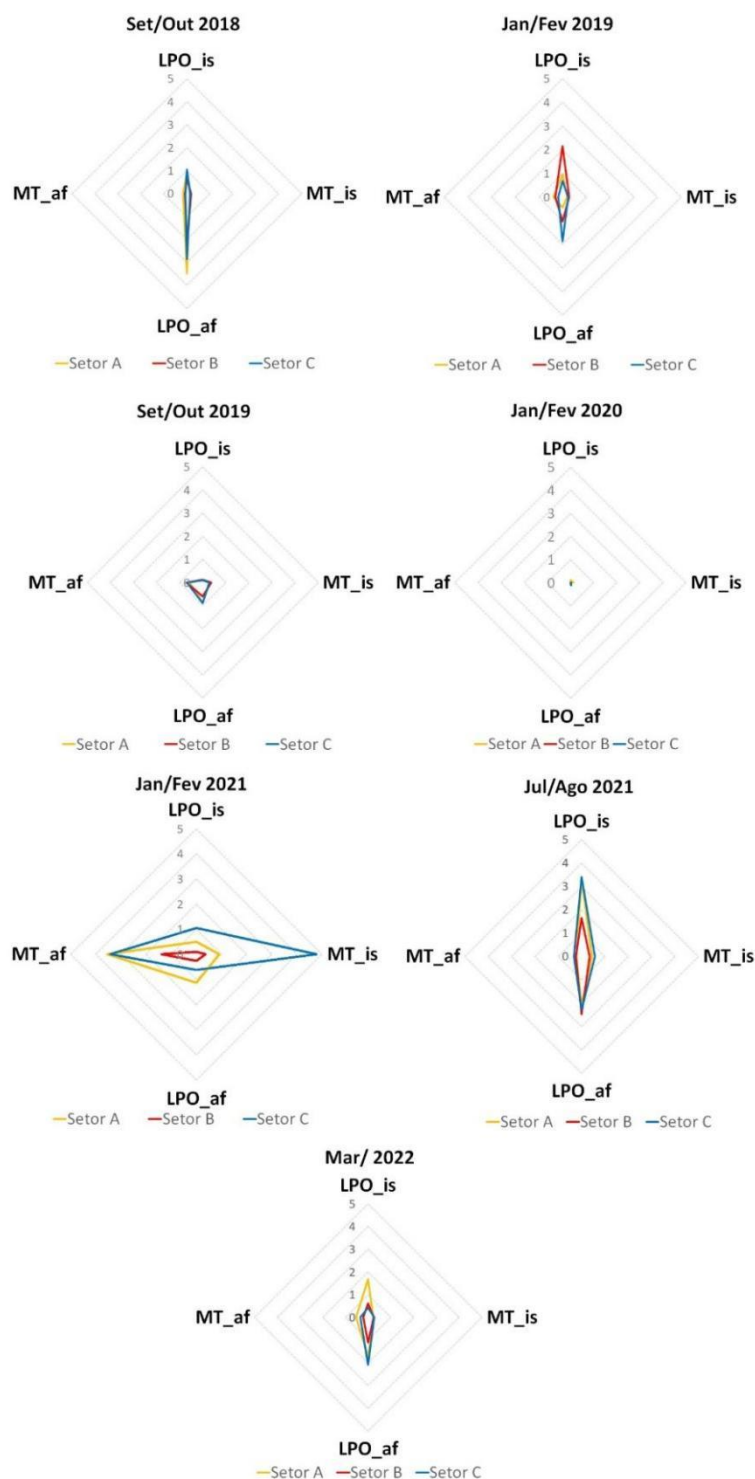


Figura 20: Análise de Componentes Principais aplicada para os dados de concentração de Alumínio (Al), Arsênio (As), Cádmiio (Cd), Chumbo (Pb), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Mercúrio (Hg), Níquel (Ni) e Zinco (Zn) em amostras de sangue (\_s) e pena de contorno (\_p) de aves coletadas durante a Campanha 7 (período chuvoso, mar 2022), nas áreas agrupadas como manguezal, costeiro (litoral) e estuário.

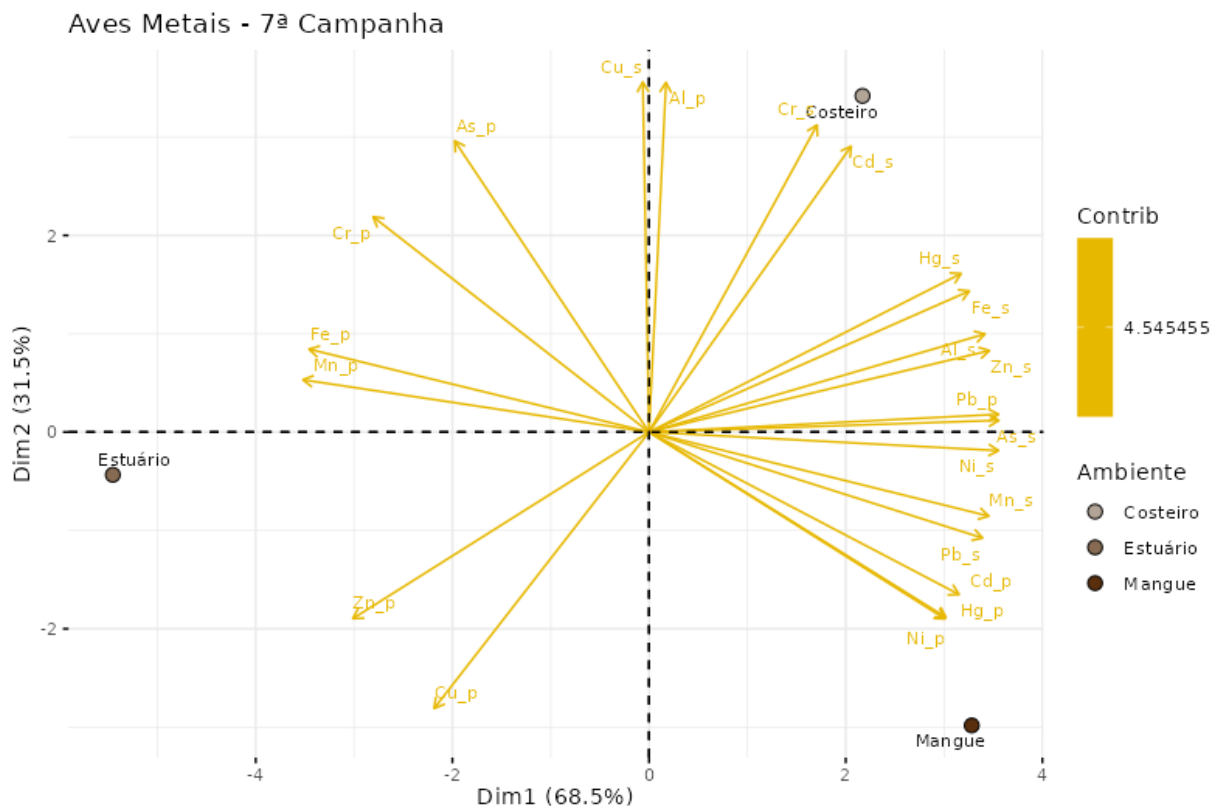


Figura 21: Índice de bioacumulação de metais e As (IBR bioacumulação) para amostras de aves (pena de contorno e sangue) coletadas nas áreas agrupadas como manguezal, costeiro (litoral) e estuário durante a Campanha 1 (set/out 2018 – período seco), Campanha 2 (jan/fev 2019 – período chuvoso), Campanha 3 (set/out 2019 – período seco), Campanha 4 (jan/fev 2020 – período chuvoso), Campanha 5 (jan/fev 2021 – período chuvoso), Campanha 6 (jul/ago 2021 – período seco) e Campanha 7 (mar 2022 – período chuvoso). Composição de estações amostrais para cada área amostral: mangue (Setor A), estuário (Setor B) e costeiro/litoral (Setor C).

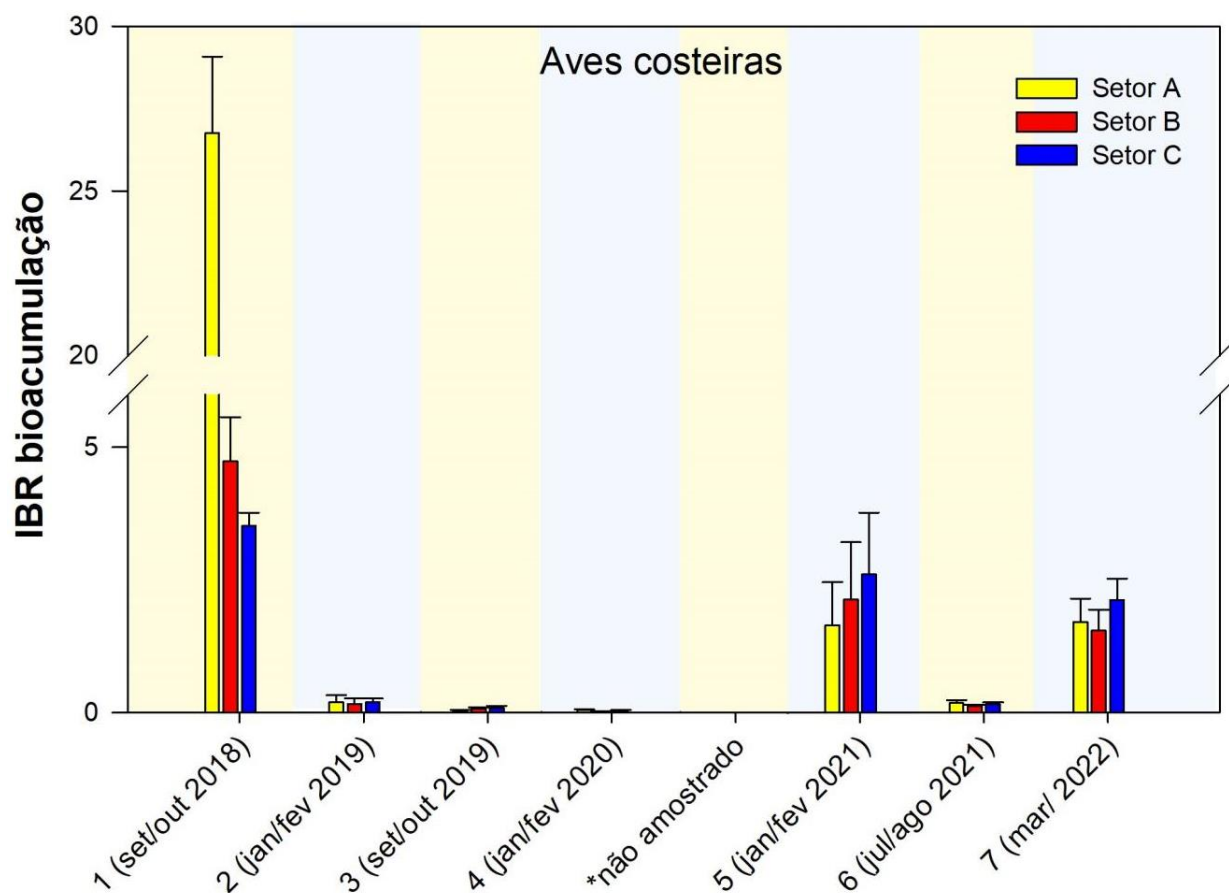


Figura 22: Gráficos de radar obtidos a partir do Índice de Resposta Biológica (IBR biomarcador) para amostras de aves (pena de contorno e sangue) coletadas nas áreas agrupadas como manguezal, costeiro (litoral) e estuário durante a Campanha 1 (set/out 2018 – período seco), Campanha 2 (jan/fev 2019 – período chuvoso), Campanha 3 (set/out 2019 – período seco), Campanha 4 (jan/fev 2020 – período chuvoso), Campanha 5 (jan/fev 2021 – período chuvoso), Campanha 6 (jun/ago 2021 – período seco) e Campanha 7 (período chuvoso, mar 2022). Composição de estações amostrais para cada área amostral: mangue (Setor A), estuário (Setor B) e costeiro/litoral (Setor C).

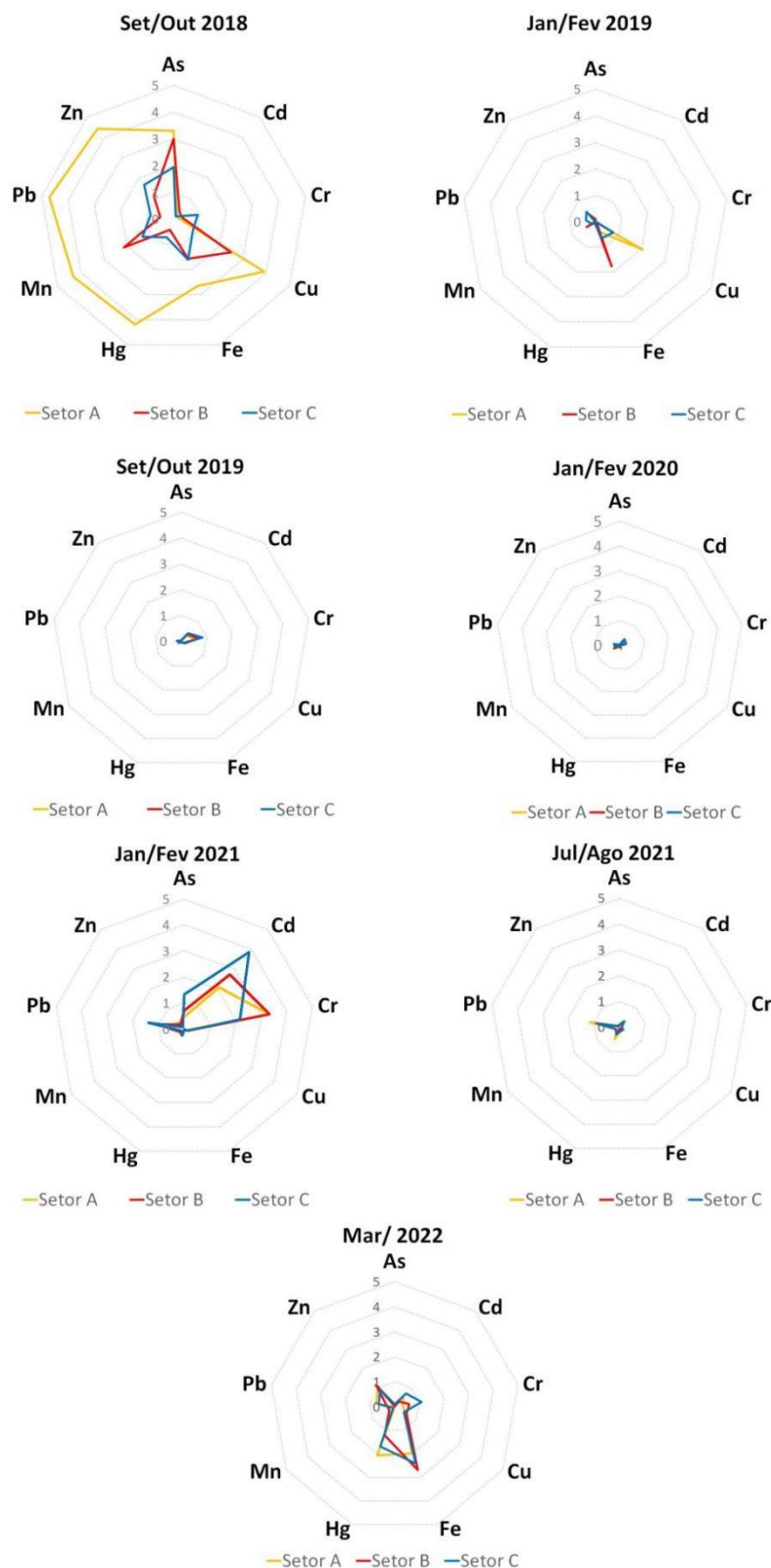
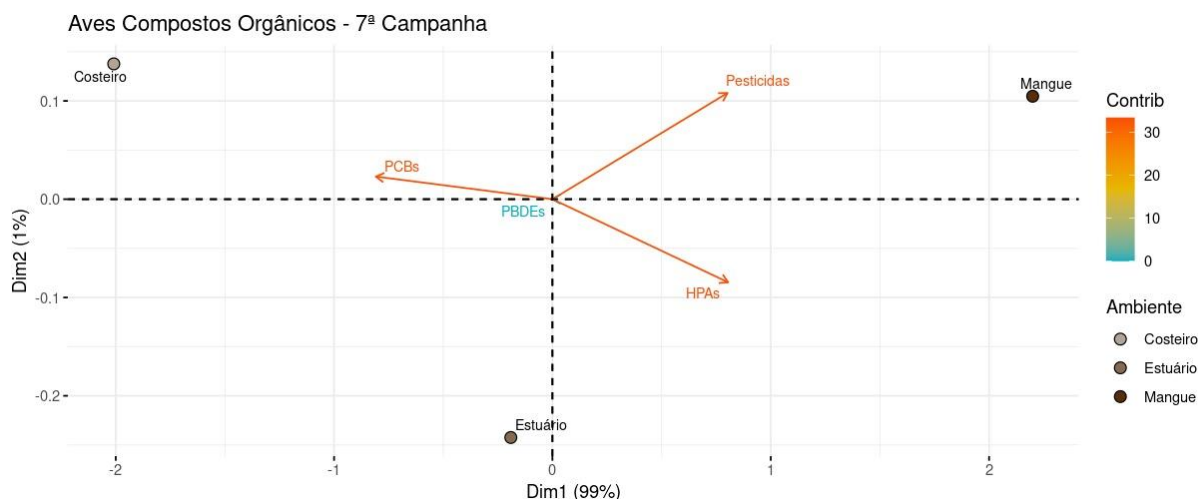


Figura 23: Análise de Componentes Principais aplicada para os dados de concentração de bifenilos policlorados (PCBs), éteres difenílicos polibromados (PBDEs), Pesticidas e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) em amostras de sangue de aves coletadas durante a Campanha 7 (período chuvoso, mar 2022), nas áreas agrupadas como manguezal, costeiro (litoral) e estuário.



Quadro 3: Descrição metodológica do Índice de Impacto Ecotoxicológico (IIE). Os níveis e respectivos valores foram atribuídos de acordo com o tipo de resposta biológica (do menor para o maior): bioacumulação (contaminação dos organismos) e biomarcador (resposta biológica de exposição e efeito em nível orgânico).

Níveis ecotoxic.	Descrição de cada critério	Cálculo de cada critério	Peso de cada critério	Cálculo do IIE por nível	IEE Máximo
<b>Nível 1</b> Bioacumulação (25%)	<b>IBR Bioacumulação:</b> Normalizado pelo valor máximo de ocorrência entre Campanhas e setores.	$\frac{IBR_{\text{caranguejos manguezais}}}{IBR_{\text{máx}}}$	$C1 * 8,3\%$	$\Sigma(c1*8,3\%)$	25
		$\frac{IBR_{\text{caranguejo de praia}}}{IBR_{\text{máx}}}$	$C1 * 8,3\%$		
		$\frac{IBR_{\text{outros invertebrados}}}{IBR_{\text{máx}}}$	$C1 * 8,3\%$		
<b>Nível 2</b> Biomarcador (75%)	<b>IBR Biomarcador:</b> Normalizado pelo valor máximo de ocorrência entre Campanhas e setores.	$\frac{IBR_{\text{caranguejos manguezais}}}{IBR_{\text{máx}}}$	$C2 * 25\%$	$\Sigma(c2*25\%)$	75
		$\frac{IBR_{\text{caranguejo de praia}}}{IBR_{\text{máx}}}$	$C2 * 25\%$		
		$\frac{IBR_{\text{outros invertebrados}}}{IBR_{\text{máx}}}$	$C2 * 25\%$		

Classificação IIE	Não impactado	Levemente Impactado	Moderadamente Impactado	Impactado	Altamente Impactado
	<1	1-15	15-50	50-75	75-100