

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

A1MS3 – Material Suplementar 3

Anexo 1 Marinho - Ecotoxicologia

RT-39 RRDM/FEV 22

RA2021 PMBA/Fest-RRDM

Vitória,

Fevereiro de 2022

Quadro 1: Concentração média de metais (mg.Kg⁻¹) em amostras de zooplâncton coletadas na foz do Rio Doce e região marinha adjacente na Campanha 1 (set/out 2018), Campanha 2 (jan/fev 2019), Campanha 3 (set/out 2019), Campanha 4 (jan/fev 2020), Campanha 5 (jan/fev 2021) e Campanha 6 (jul/ago 2021) no âmbito do PMBA/Fest-RRDM e amostras de zooplâncton coletadas na foz do Rio Doce antes da chegada dos rejeitos (nov/2015) oriundos do rompimento da barragem de Fundão (BIANCHINI, 2019). Concentrações médias de metais abaixo dos dados pretéritos estão destacadas em verde, enquanto concentrações acima dos valores pretéritos estão destacadas em vermelho.

Fonte de Dados	Período de coleta	Localidades	Organismo	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Pb
Dados pretéritos à chegada dos rejeitos	Expedição ICMBio (nov/2015)	Foz do Rio Doce	Zooplâncton	0,1210	0,0011	0,1500	0,0690	15,5500	0,0008	6,6840	0,0053
Dados PMBA - Fest/RRDM (Anexo 1)	Campanha 1 (set/out 2018)	Abrolhos (ABR)	Zooplâncton	0,0293	0,3001	0,1412	0,2837	24,0601	0,0033	0,8459	0,0353
		Barra Nova (BN)		0,2707	3,1809	1,7613	6,3256	16,7315	0,0112	10,3712	0,1678
		Costa das Algas (CA)		0,2777	0,1828	0,9206	2,3251	68,6556	0,0034	17,1791	2,3645
		Degredo (DEG)		0,2236	0,0999	0,1630	1,2556	7,9255	0,0045	1,3114	0,0410
		Foz do Rio Doce (FRD)		0,0411	0,0663	0,6648	2,0937	44,0699	0,0030	2,8374	0,0809
		Guarapari (GUA)		0,0610	0,0798	0,4149	0,5496	3,0506	0,0030	2,2415	0,6165
		Itaúnas (ITA)		0,1388	0,3170	0,8096	1,2959	5,1272	0,0030	2,3340	0,1721
		Vitória (VIX)		0,0947	0,1207	0,4935	0,8738	94,5257	0,0032	4,1559	0,7407
	Campanha 2 (jan/fev 2019)	Abrolhos (ABR)	Zooplâncton	0,028	0,026	0,138	0,283	20,366	0,003	1,968	0,171
		Barra Nova (BN)		0,201	0,014	4,749	0,155	46,362	0,003	9,556	0,806
		Costa das Algas (CA)		0,086	1,340	0,209	1,661	176,630	0,003	2,848	0,005
		Degredo (DEG)		0,142	0,014	1,678	1,452	11,819	0,003	1,658	0,444
		Foz do Rio Doce (FRD)		0,245	0,548	0,316	0,637	220,278	0,003	2,934	0,026
		Guarapari (GUA)		0,009	1,092	0,051	0,216	56,573	0,003	1,249	0,012
		Itaúnas (ITA)		0,024	0,078	0,088	0,144	8,651	0,003	1,106	0,016
		Vitória (VIX)		0,005	1,285	0,100	0,579	49,525	0,003	0,938	0,005
	Campanha 3 (set/out 2019)	Abrolhos (ABR)	Zooplâncton	0,167	0,176	0,115	0,054	26,612	0,012	0,837	0,095
		Barra Nova (BN)		0,090	0,118	0,085	0,068	20,426	0,012	1,173	0,026
		Costa das Algas (CA)		0,098	0,409	0,374	0,051	13,086	0,016	1,462	0,008
		Degredo (DEG)		0,246	0,359	0,197	0,050	12,103	0,009	3,013	0,022
		Foz do Rio Doce (FRD)		0,122	0,323	0,296	0,173	220,738	0,009	5,090	0,013
		Guarapari (GUA)		0,036	0,455	0,066	0,214	39,189	0,003	0,580	0,016

Fonte de Dados	Período de coleta	Localidades	Organismo	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Pb
		Itaúnas (ITA)		0,083	0,039	0,034	0,051	6,574	0,010	0,490	0,018
		Vitória (VIX)		0,155	0,402	0,185	0,069	37,827	0,012	1,244	0,012
	Campanha 4 (jan/fev 2020)	Abrolhos (ABR)	Zooplâncton	0,535	0,106	0,447	2,650	3,203	0,005	4,167	0,231
		Barra Nova (BN)		0,043	0,117	0,184	0,235	288,067	0,004	10,765	0,089
		Costa das Algas (CA)		0,017	0,137	0,429	0,404	153,356	0,004	1,762	0,103
		Degredo (DEG)		0,075	0,134	0,095	2,164	243,702	0,004	4,501	0,018
		Foz do Rio Doce (FRD)		0,180	0,058	1,179	1,216	182,275	0,005	2,911	0,097
		Guarapari (GUA)		0,504	0,080	0,830	1,087	90,627	0,004	1,034	0,158
		Itaúnas (ITA)		0,013	0,293	0,864	1,008	326,764	0,006	4,460	0,245
		Vitória (VIX)		0,042	0,013	0,093	0,378	137,760	0,003	1,729	0,063
	Campanha 5 (jan/fev 2021)	Abrolhos (ABR)	Zooplâncton	0,044	0,069	0,077	0,721	69,851	0,005	4,019	0,075
		Barra Nova (BN)		0,018	0,224	0,043	0,552	185,540	0,006	3,425	0,302
		Costa das Algas (CA)		0,051	0,231	0,316	1,174	204,394	0,008	3,838	0,210
		Degredo (DEG)		0,296	0,260	0,989	8,064	293,725	0,021	6,705	0,255
		Foz do Rio Doce (FRD)		0,586	0,119	1,231	2,164	134,536	0,007	1,673	0,527
		Guarapari (GUA)		0,054	0,060	0,047	0,168	140,564	0,005	1,907	0,071
		Itaúnas (ITA)		0,024	0,066	0,352	0,289	36,588	0,005	1,345	0,017
		Vitória (VIX)		0,014	0,198	0,671	0,237	42,346	0,006	3,304	0,047
	Campanha 6 (set/out 2021)	Abrolhos (ABR)	Zooplâncton	0,613	0,052	0,144	0,569	86,866	0,090	0,913	0,247
		Barra Nova (BN)		0,092	0,047	0,290	0,331	17,388	0,081	0,315	0,326
		Costa das Algas (CA)		0,090	0,077	0,634	0,458	69,929	0,028	2,194	0,193
		Degredo (DEG)		0,293	0,013	0,794	0,706	2,226	0,052	12,602	0,724
		Foz do Rio Doce (FRD)		0,040	0,006	0,161	0,375	119,676	0,047	0,926	0,159
		Guarapari (GUA)		0,161	0,025	0,011	0,061	182,007	0,055	0,053	0,022
		Itaúnas (ITA)		0,131	0,114	0,299	0,331	51,971	0,062	0,327	0,324
		Vitória (VIX)		0,117	0,047	0,308	0,364	248,565	0,097	0,339	0,338

Fonte: BIANCHINI, Adalto. Monitoramento dos efeitos ecotoxicológicos da pluma de sedimentos oriunda da foz do Rio Doce sobre o ambiente marinho. Relatório Técnico-Científico - FURG/ICMBio, Rio Grande, RS, 2019.

Figura 1 - Valores do Índice de bioacumulação de metais e As (IBR bioacumulação) determinados para o plâncton coletado 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) e Campanha 6 (jun/ago 2021 – período seco) nos setores Sul (Guarapari e Vitória), APA (Costa das Algas), Foz (foz do Rio Doce) e Norte (Degredo, Barra Nova e Itaúnas).

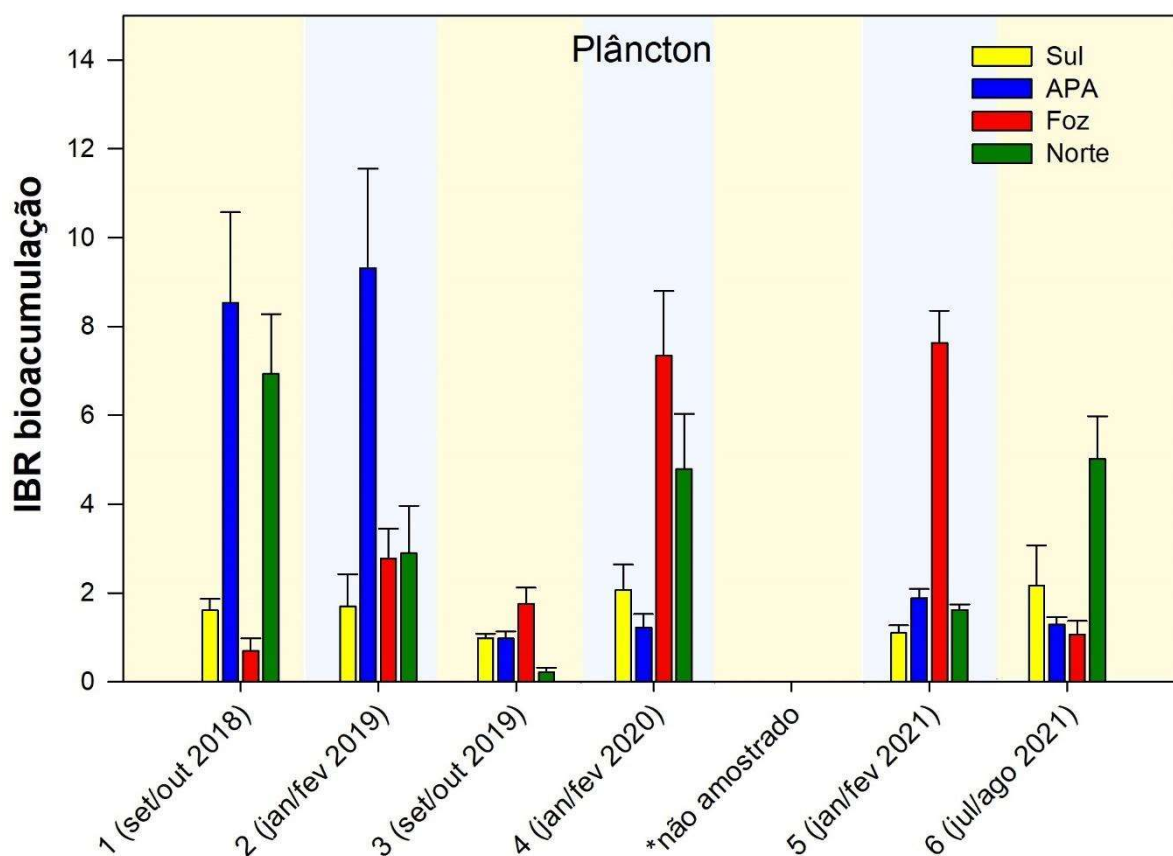
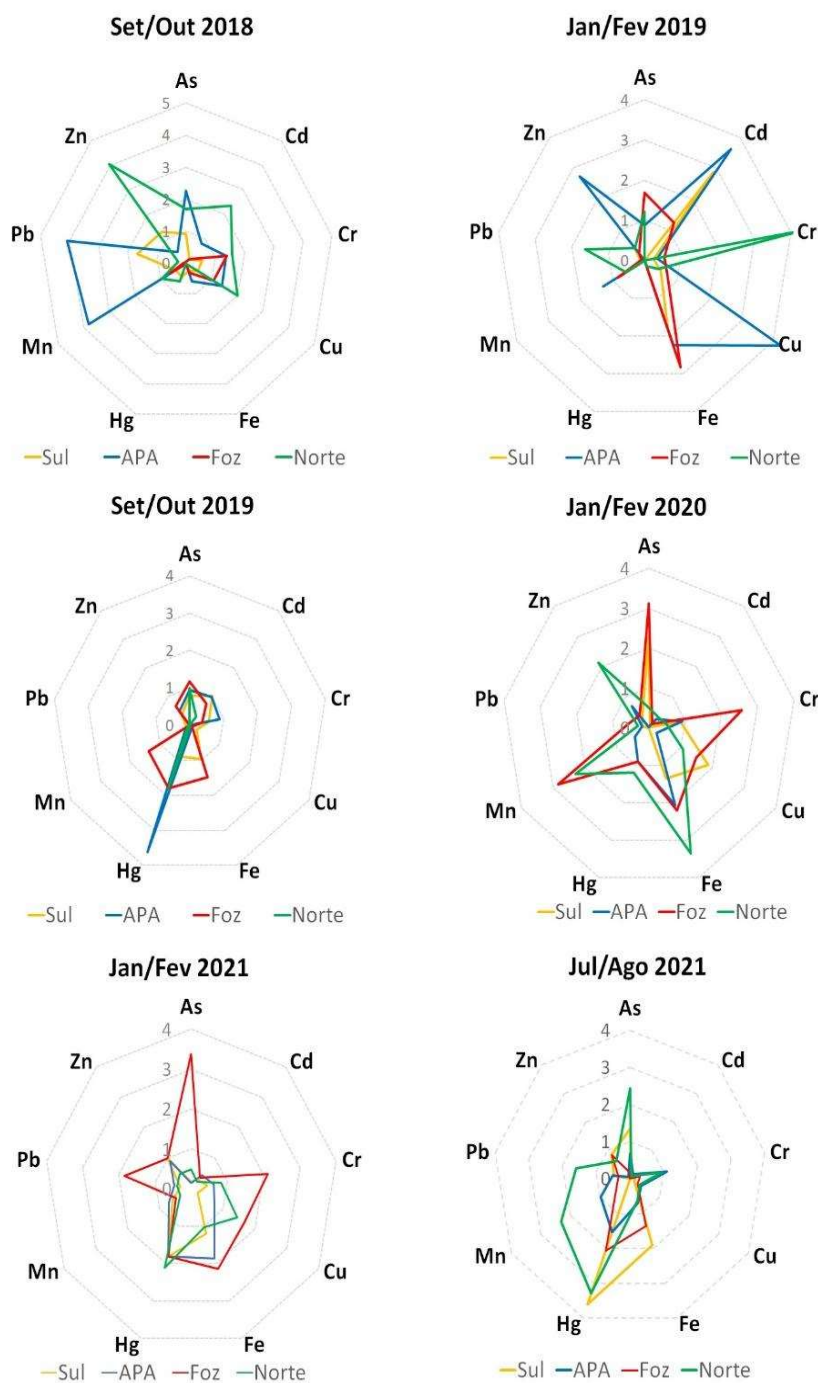


Figura 2 – Gráficos de radar obtidos a partir do Índice de bioacumulação de metais e As (IBR bioacumulação) determinados para o plâncton coletado durante a Campanha 1 (set/out 2018 – período seco), Campanha 2 (jan/fev 2019 – período chuvoso), Campanha 3 (set/out 2019 – período seco), Campanha 4 (jan/fev 2020 – período chuvoso), Campanha 5 (jan/fev 2021 – período chuvoso) e Campanha 6 (jun/ago 2021 – período seco) nos setores Sul (Guarapari e Vitória), APA (Costa das Algas), Foz (foz do Rio Doce) e Norte (Degredo, Barra Nova e Itaúnas), mostrando a variação espaço temporal de cada elemento e a contribuição destes para a composição do índice.



Quadro 2: Concentração média de metais (mg.Kg⁻¹) no músculo camarões coletados na foz do Rio Doce e região marinha adjacente na Campanha 1 (set/out 2018), Campanha 2 (jan/fev 2019), Campanha 3 (set/out 2019), Campanha 4 (jan/fev 2020), Campanha 5 (jan/fev 2021) e Campanha 6 (jul/ago 2021) no âmbito do PMBA/Fest-RRDM e no músculo de camarões coletados na foz do Rio Doce em dez/2015 até fev/2016. Concentrações médias de metais abaixo dos dados pretéritos estão destacadas em verde, enquanto concentrações acima dos valores pretéritos estão destacadas em vermelho.

Fonte de Dados	Período de coleta	Localidades	Organismo	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Pb
Dados pretéritos (Relatório Técnico - RT ECV 065/16)	dez/2015 a fev/2016	Santa Cruz (Aracruz)	<i>Xiphopenaeus kroyeri</i> (camarão-sete-barbas)	4,630	0,007	0,029	2,680	15,510	0,018	0,590	0,019
		Barra do Riacho (Aracruz)		7,710	0,005	0,059	3,810	31,940	0,011	0,650	0,059
		Regência (águas costeiras)		8,860	0,006	0,060	4,450	36,370	0,010	0,740	0,020
		Barra Seca (São Mateus)		8,900	0,004	0,065	4,630	28,750	0,016	0,790	0,018
		Barra Nova (São Mateus)		8,690	0,004	0,055	3,880	28,080	0,018	0,970	0,019
		Média		7,758	0,005	0,054	3,890	28,130	0,015	0,748	0,027
Dados PMBA - Fest/RRDM (Anexo 1)	Campanha 1 (set/out 2018)	Barra Nova (BN)	<i>Camarões</i>								
		Costa das Algas (CA)		1,1685	0,0526	1,8544	6,0445	6,7104	0,0057	0,5713	0,0283
		Degredo (DEG)		0,1357	0,6098	0,1041	2,6669	4,2765	0,0045	0,7544	0,1275
		Foz do Rio Doce (FRD)		0,3735	0,0713	1,4504	4,2499	7,2754	0,0069	0,7434	0,0154
		Guarapari (GUA)		0,1469	0,0967	0,0848	1,7742	6,0413	0,0045	0,4485	0,0396
		Itaúnas (ITA)		0,0060	0,9693	0,4820	1,1010	3,4607	0,0030	2,0637	0,0144
		Vitória (VIX)		0,3898	0,0465	2,6478	1,7039	7,1884	0,0050	5,4613	0,3117
	Campanha 2 (jan/fev 2019)	Barra Nova (BN)	<i>Camarões</i>								
		Costa das Algas (CA)		0,0258	0,7858	0,0533	8,0080	4,4587	0,0044	0,7456	0,0051
		Degredo (DEG)		0,0540	0,0337	0,5262	5,9261	2,9321	0,0053	0,8657	0,0114
		Foz do Rio Doce (FRD)		0,182	0,189	0,104	0,829	75,777	0,004	0,964	0,022
		Guarapari (GUA)		0,005	1,787	0,046	1,346	9,985	0,003	1,313	0,005
		Itaúnas (ITA)		0,016	0,030	0,125	2,198	16,281	0,003	0,910	0,006
		Vitória (VIX)		0,006	1,232	0,146	0,684	5,882	0,003	0,743	0,005
	Campanha 3 (set/out 2019)	Barra Nova (BN)	<i>Camarões</i>	0,125	0,015	0,086	0,064	6,072	0,005	0,051	0,017
		Costa das Algas (CA)		0,198	0,190	0,275	0,106	1,199	0,014	0,715	0,041
		Degredo (DEG)		0,080	0,288	0,167	0,050	12,698	0,004	0,719	0,022
		Foz do Rio Doce (FRD)		0,177	0,234	0,323	0,076	52,819	0,021	1,112	0,014

Fonte de Dados	Período de coleta	Localidades	Organismo	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Pb
		Guarapari (GUA)									
		Itaúnas (ITA)		0,194	0,122	0,052	0,138	1,139	0,012	0,936	0,171
		Vitória (VIX)		0,072	0,086	0,029	0,051	0,618	0,011	0,584	0,018
	Campanha 4 (jan/fev 2020)	Barra Nova (BN)	Camarões	0,015	0,460	0,067	2,298	14,749	0,006	1,191	0,325
		Costa das Algas (CA)		0,014	0,149	0,232	0,175	5,461	0,004	0,696	0,038
		Degredo (DEG)		0,174	0,211	0,596	0,741	52,970	0,006	1,943	0,130
		Foz do Rio Doce (FRD)		0,330	0,109	0,742	1,193	23,985	0,005	0,900	0,078
		Guarapari (GUA)									
		Itaúnas (ITA)		0,011	0,062	0,689	0,215	27,410	0,005	0,638	0,024
		Vitória (VIX)									
	Campanha 5 (jan/fev 2021)	Barra Nova (BN)	Camarões								
		Costa das Algas (CA)		0,009	0,063	0,459	0,175	8,399	0,005	0,668	0,069
		Degredo (DEG)		1,265	0,123	1,895	4,398	186,177	0,007	4,962	0,103
		Foz do Rio Doce (FRD)		0,117	0,058	0,920	1,137	168,728	0,006	5,299	0,048
		Guarapari (GUA)									
		Itaúnas (ITA)		0,031	0,111	0,073	0,576	48,156	0,006	3,850	0,020
		Vitória (VIX)		0,007	0,140	0,677	0,504	90,585	0,005	1,428	0,122
	Campanha 6 (jul/ago 2021)	Barra Nova (BN)	Camarões								
		Costa das Algas (CA)		0,923	0,010	0,101	1,513	2,854	0,044	0,134	0,053
		Degredo (DEG)		0,030	0,033	0,355	5,085	2,023	0,090	0,590	0,313
		Foz do Rio Doce (FRD)		0,119	0,008	0,133	2,790	8,492	0,075	0,192	0,033
		Guarapari (GUA)									
		Itaúnas (ITA)		0,051	0,056	0,734	1,861	4,380	0,101	0,821	0,474
		Vitória (VIX)									

Fonte: BIANCHINI, Adalto. Monitoramento dos efeitos ecotoxicológicos da pluma de sedimentos oriunda da foz do Rio Doce sobre o ambiente marinho. Relatório Técnico-Científico - FURG/ICMBio, Rio Grande, RS, 2019. .

Figura 3 - Valores do Índice de bioacumulação de metais e As (IBR bioacumulação) determinados para os tecidos de camarões coletados 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) e Campanha 6 (jul/ago 2021 – período seco), nos setores Sul (Guarapari e Vitória), APA (Costa das Alagas), Foz (foz do Rio Doce) e Norte (Degredo, Barra Nova, Itaúnas). Durante as Campanhas 4 (jan/fev 2020) e 6 (jul/ago 2021) não foram coletados camarões nos pontos do setor Sul.

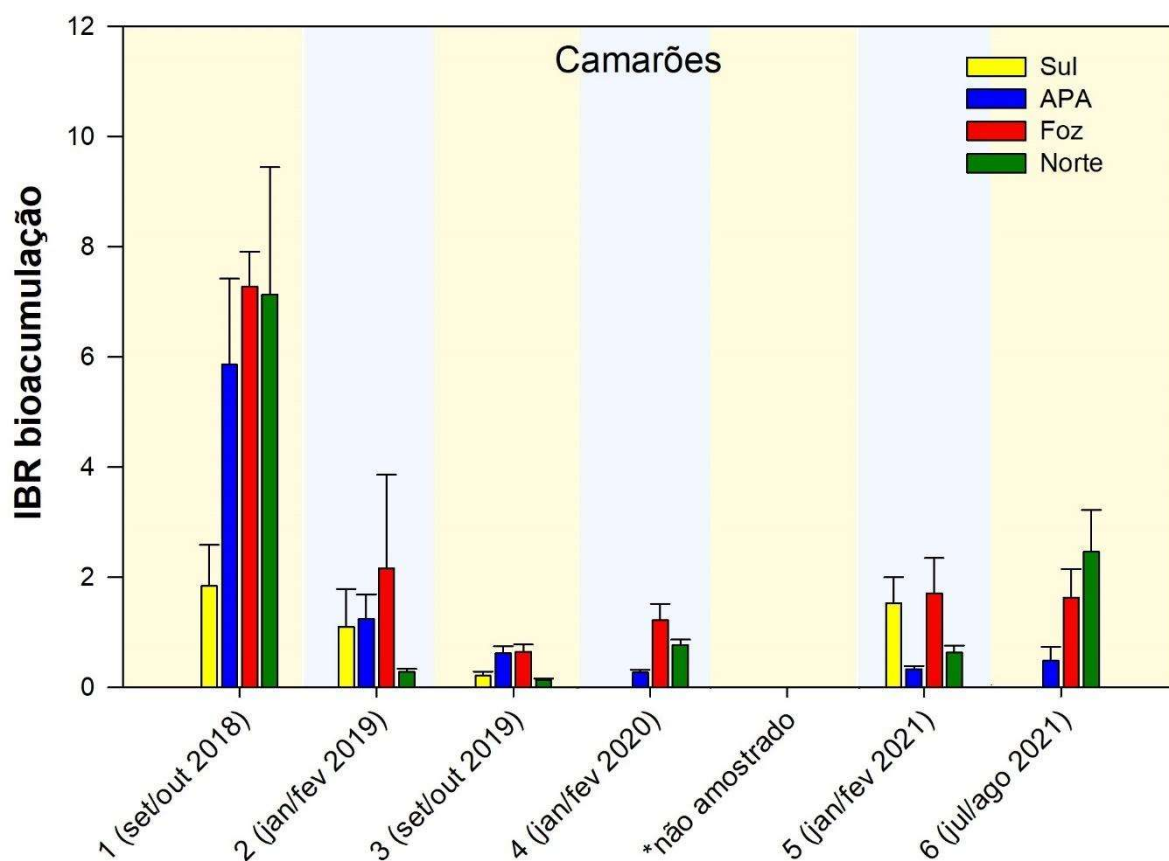
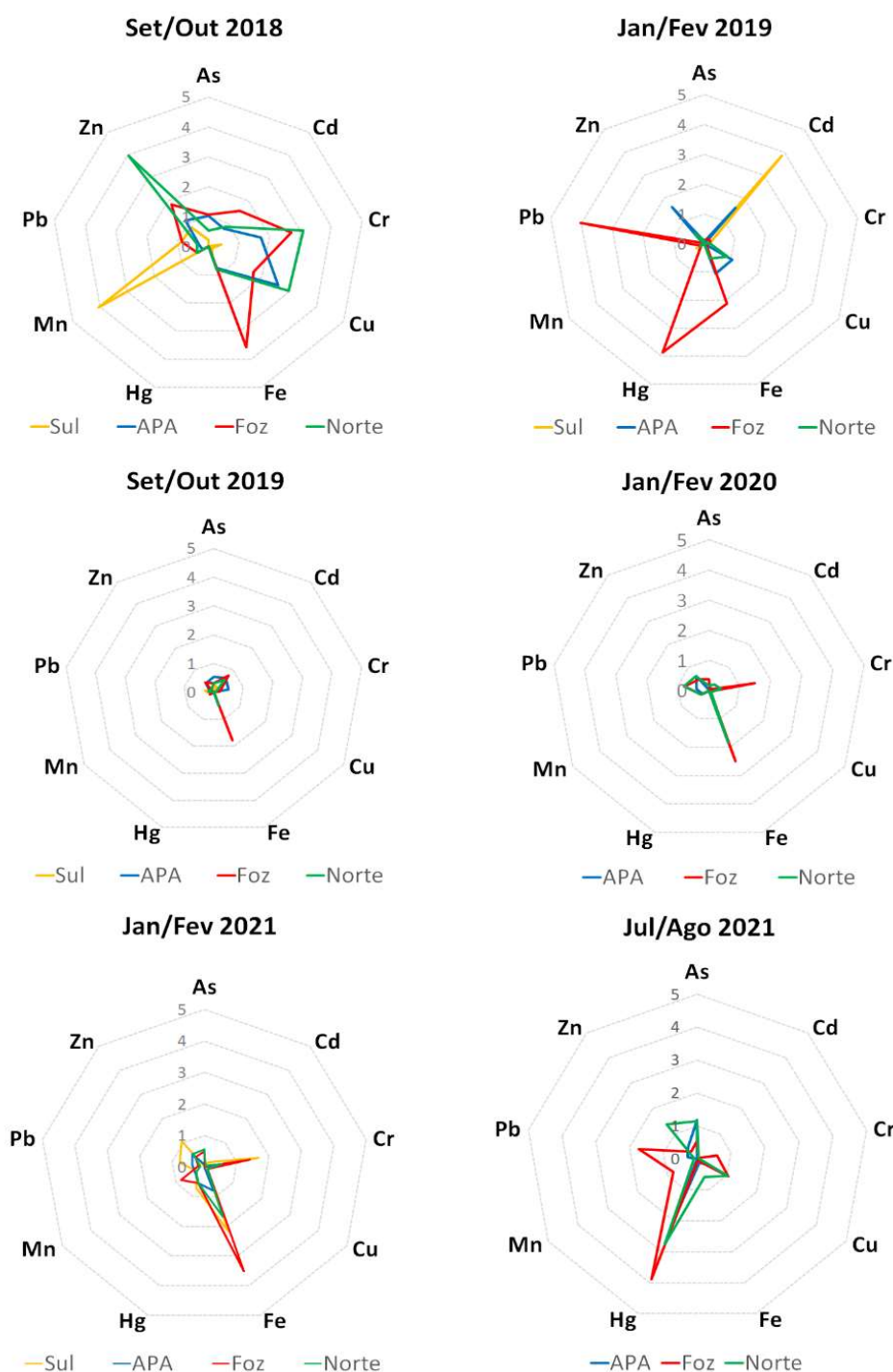


Figura 4 - Gráficos de radar obtidos a partir do Índice de bioacumulação de metais e As (IBR bioacumulação) determinados em tecidos de camarões coletados durante a Campanha 1 (set/out 2018 – período seco), Campanha 2 (jan/fev 2019 – período chuvoso), Campanha 3 (set/out 2019 – período seco), Campanha 4 (jan/fev 2020 – período chuvoso), Campanha 5 (jan/fev 2021 – período chuvoso) e Campanha 6 (jul/ago 2021 – período seco) nos setores Sul (Guarapari e Vitória), APA (Costa das Algas), Foz (foz do Rio Doce) e Norte (Degredo, Barra Nova e Itaúnas), mostrando a variação espaço temporal de cada elemento e a contribuição destes para a composição do índice.



Quadro 3: Concentração média de metais (mg.Kg⁻¹) no músculo de peixes carnívoros e onívoros coletados na foz do Rio Doce e região marinha adjacente na Campanha 1 (set/out 2018), Campanha 2 (jan/fev 2019), Campanha 3 (set/out 2019), Campanha 4 (jan/fev 2020), Campanha 5 (jan/fev 2021) e Campanha 6 (jul/ago 2021) no âmbito do PMBA/Fest-RRDM e no músculo de peixes coletados na foz do Rio Doce em dez/2015 até fev/2016. Concentrações médias de metais abaixo dos dados pretéritos estão destacadas em verde, enquanto concentrações acima dos valores pretéritos estão destacadas em vermelho.

Fonte de Dados	Período de coleta	Localidades	Espécies	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Pb
Dados pretéritos (Relatório Técnico - RT ECV 065/16)	dez/2015 a fev/2016	Santa Cruz (Aracruz)	Peixes carnívoros/onívoros	1,99	0,008	0,019	0,230	9,580	0,060	0,480	0,015
		Barra do Riacho		2,33	0,004	0,031	0,130	1,950	0,038	0,160	0,016
		Regência (águas costeiras)		2,49	0,003	0,023	0,140	2,470	0,059	0,200	0,019
		Regência (interior da foz)		1,22	0,003	0,021	0,140	3,030	0,120	0,120	0,015
		Barra Seca (São Mateus)		4,45	0,003	0,014	0,110	1,600	0,125	0,140	0,011
		Barra Nova (São Mateus)		6,64	0,003	0,016	0,090	1,290	0,097	0,070	0,018
		Média		3,187	0,004	0,021	0,140	3,320	0,083	0,195	0,016
Dados PMBA - Fest/RRDM (Anexo 1)	Campanha 1 (set/out 2018)	Barra Nova (BN)	Peixes carnívoros	0,0134	0,8867	0,5330	0,2919	3,6050	0,0032	1,2509	0,0157
		Costa das Algas (CA)		1,0033	0,1909	1,9917	0,3898	5,0162	0,0055	2,3945	0,1759
		Degredo (DEG)		0,4355	0,9262	0,4443	0,1551	8,3863	0,0045	1,6302	0,0260
		Foz do Rio Doce (FRD)		0,3428	0,3364	1,7100	0,7007	4,4918	0,0060	1,2111	0,0361
		Guarapari (GUA)		0,0980	0,0349	0,0098	0,0500	7,3201	0,0080	0,5452	0,0292
		Itaúnas (ITA)		0,0566	1,8182	2,8299	0,3121	6,5198	0,0042	1,7563	0,1104
		Vitória (VIX)		0,1872	1,5104	0,2025	0,5157	5,8450	0,0055	4,7366	0,2073
	Campanha 2 (jan/fev 2019)	Barra Nova (BN)	Peixes carnívoros	0,0137	0,0470	0,1176	0,1298	2,4395	0,0097	1,0028	0,0084
		Costa das Algas (CA)		0,0491	0,8565	0,0950	0,1061	12,6023	0,0053	1,0165	0,0199
		Degredo (DEG)		0,0192	0,0388	0,1894	0,0834	3,3317	0,0173	0,8811	0,0133
		Foz do Rio Doce (FRD)		0,0562	0,1807	0,1071	0,1075	13,0278	0,0035	0,7921	0,0128
		Guarapari (GUA)		0,0154	2,4683	0,0341	0,0823	28,1548	0,0031	1,1973	0,0050
		Itaúnas (ITA)		0,0075	0,0354	0,0654	0,0751	5,4697	0,0085	0,6761	0,0061
		Vitória (VIX)		0,0058	1,1069	0,1299	1,4218	6,9238	0,0039	0,7206	0,0052
	Campanha 3 (set/out 2019)	Barra Nova (BN)	Peixes carnívoros	0,1022	0,0599	0,0484	0,0571	14,8825	0,0065	0,5869	0,0252
		Costa das Algas (CA)		0,1121	0,2195	0,3519	0,0532	0,3850	0,0178	0,7335	0,0376

Fonte de Dados	Período de coleta	Localidades	Espécies	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Pb
		Degredo (DEG)		0,1671	0,2821	0,2239	0,0552	15,2236	0,0105	0,8148	0,0282
		Foz do Rio Doce (FRD)		0,2193	0,2569	0,3468	0,1058	121,4321	0,0135	1,0194	0,0344
		Guarapari (GUA)									
		Itaúnas (ITA)		0,0820	0,1272	0,0472	0,1020	4,8341	0,0086	0,5449	0,0550
		Vitória (VIX)		0,1874	0,2247	0,2318	0,0597	0,4404	0,0167	0,9356	0,0139
	Campanha 4 (jan/fev 2020)	Barra Nova (BN)	Peixes carnívoros	0,0795	0,1448	0,4581	2,1157	13,6228	0,0042	2,0897	0,4390
		Costa das Algas (CA)		0,0941	0,1862	0,3044	0,8849	29,1619	0,0053	0,8228	0,2224
		Degredo (DEG)		0,0597	0,1311	0,3545	1,1025	6,9731	0,0050	0,9099	0,1017
		Foz do Rio Doce (FRD)		0,1421	0,1434	1,3274	2,3110	43,7796	0,0067	1,1311	0,1027
		Guarapari (GUA)		0,9305	0,1082	1,8376	1,1260	11,4586	0,0040	0,7806	0,0102
		Itaúnas (ITA)		0,0143	0,2215	0,3516	0,4810	12,8984	0,0045	0,8284	0,1708
		Vitória (VIX)		0,2046	0,1129	0,6911	0,4267	41,6495	0,0047	1,0633	0,5336
	Campanha 5 (jan/fev 2021)	Barra Nova (BN)	Peixes carnívoros	0,0139	0,1874	0,6517	0,9944	65,3301	0,0064	1,5342	0,3127
		Costa das Algas (CA)		0,0725	0,2093	0,6991	0,3681	106,5911	0,0061	3,0339	0,2102
		Degredo (DEG)		0,2369	0,1460	0,6271	1,3749	69,9319	0,0063	1,5351	0,0788
		Foz do Rio Doce (FRD)		0,1423	0,1610	1,5011	1,2304	69,2289	0,0063	1,7324	0,1490
		Guarapari (GUA)		0,0503	0,1276	0,0928	0,1034	901,5718	0,0061	3,5216	0,0981
		Itaúnas (ITA)		0,0404	0,1827	0,8035	1,5512	95,8362	0,0069	2,3758	0,1073
		Vitória (VIX)		0,0793	0,2081	0,5152	0,8553	162,9305	0,0063	4,7767	0,1936
	Campanha 6 (jul/ago 2021)	Barra Nova (BN)	Peixes carnívoros	0,0504	0,0579	0,6091	0,6375	2,4784	0,0757	0,5905	1,3882
		Costa das Algas (CA)		0,2944	0,0331	0,0881	0,1833	5,5467	0,2154	0,2385	2,8524
		Degredo (DEG)		0,0412	0,0121	0,1551	0,9522	9,6739	0,1070	0,6764	4,9320
		Foz do Rio Doce (FRD)		0,0403	0,0087	0,3144	0,4959	10,0415	0,0892	0,2072	6,3071
		Guarapari (GUA)									
		Itaúnas (ITA)		0,0487	0,0659	0,9763	1,0014	12,1421	0,1247	0,9861	1,8516
		Vitória (VIX)		0,1542	0,0260	0,2318	0,2061	2,8418	0,0968	0,3495	2,5128

Fonte de Dados	Período de coleta	Localidades	Espécies	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Pb
Dados PMBA - Fest/RRDM (Anexo 1)	Campanha 1 (set/out 2018)	Barra Nova (BN)	Peixes onívoros	0,0237	1,0495	0,1541	0,9668	7,8084	0,0030	2,2162	0,0258
		Costa das Algas (CA)		0,7429	0,0719	2,9439	0,6672	3,1037	0,0114	0,7012	0,0202
		Degredo (DEG)		1,9968	1,0748	0,5160	0,1843	4,8315	0,0057	6,1678	0,0228
		Foz do Rio Doce (FRD)		1,1690	0,1851	2,7985	1,1530	5,5713	0,0093	2,9871	0,0695
		Guarapari (GUA)		0,2074	0,0534	0,1183	0,0943	9,4339	0,0036	0,7210	0,0577
		Itaúnas (ITA)		0,0326	0,9235	0,7628	0,0737	2,6755	0,0030	1,2350	0,0463
		Vitória (VIX)		0,1429	0,0619	0,5094	0,3428	9,9221	0,0035	23,7660	0,2408
	Campanha 2 (jan/fev 2019)	Barra Nova (BN)	Peixes onívoros								
		Costa das Algas (CA)		0,0512	0,6500	0,1698	0,2017	30,9824	0,0053	0,9327	0,0072
		Degredo (DEG)		0,0977	0,0449	0,4569	0,1217	2,8244	0,0067	0,9793	0,0155
		Foz do Rio Doce (FRD)		0,0431	0,1030	0,0663	0,1196	20,9883	0,0030	1,4455	0,1197
		Guarapari (GUA)		0,0051	1,5709	0,0049	0,0695	67,0720	0,0099	0,7319	0,0050
		Itaúnas (ITA)		0,0100	0,0332	0,1328	0,0794	18,9832	0,0042	0,6421	0,0078
		Vitória (VIX)		0,0596	1,9936	0,2592	0,2109	9,1042	0,0030	1,1176	0,0050
	Campanha 3 (set/out 2019)	Barra Nova (BN)	Peixes onívoros	0,1192	0,0721	0,0545	0,0500	12,6590	0,0129	0,7134	0,0276
		Costa das Algas (CA)		0,1617	0,2322	0,4292	0,1852	0,5188	0,0184	0,8810	0,0200
		Degredo (DEG)		0,2578	0,2818	0,2488	0,0589	9,7115	0,0035	0,8405	0,0273
		Foz do Rio Doce (FRD)		0,0828	0,2293	0,3015	0,1310	69,6463	0,0112	1,0053	0,0131
		Guarapari (GUA)									
		Itaúnas (ITA)		0,0699	0,0393	0,0213	0,0730	0,8302	0,0077	0,5264	0,0182
		Vitória (VIX)		0,2938	0,3515	0,3292	0,0612	3,6317	0,0223	0,9883	0,0244
	Campanha 4 (jan/fev 2020)	Barra Nova (BN)	Peixes onívoros	0,0899	0,0565	0,0573	0,0844	26,1203	0,0049	1,0353	0,0506
		Costa das Algas (CA)		0,0136	0,1540	0,8502	0,2508	15,2030	0,0047	0,7620	0,2297
		Degredo (DEG)		0,0562	0,2051	0,7788	1,1917	13,5272	0,0059	1,0398	0,0195
		Foz do Rio Doce (FRD)		0,2718	0,1108	1,2801	2,5307	42,2558	0,0063	1,1452	0,0819
		Guarapari (GUA)		1,0618	0,1009	1,4773	0,9780	43,5701	0,0064	1,1339	0,0755

Fonte de Dados	Período de coleta	Localidades	Espécies	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Pb
		Itaúnas (ITA)		0,0140	0,2185	1,0665	0,8086	10,8103	0,0048	0,8188	0,3877
		Vitória (VIX)		0,0607	0,1494	0,5761	1,6163	26,0604	0,0066	1,1123	0,0532
	Campanha 5 (jan/fev 2021)	Barra Nova (BN)	Peixes onívoros								
		Costa das Algas (CA)		0,0432	0,3303	4,0064	3,6149	151,3485	0,0199	3,7228	2,0163
		Degredo (DEG)		0,6554	0,2792	4,2716	9,9073	272,2814	0,0172	5,6157	0,1476
		Foz do Rio Doce (FRD)		0,0995	0,1277	0,5857	1,2060	69,0128	0,0073	2,1287	0,0757
		Guarapari (GUA)									
		Itaúnas (ITA)		0,0673	0,3209	1,0882	0,5787	28,7841	0,0079	1,7273	0,1286
		Vitória (VIX)		0,0061	0,1016	0,6486	1,4529	47,4395	0,0050	2,9188	0,0264
	Campanha 6 (jul/ago 2021)	Barra Nova (BN)	Peixes onívoros								
		Costa das Algas (CA)		0,1340	0,0136	0,1707	0,0924	3,7731	0,0450	0,2039	3,6453
		Degredo (DEG)		0,0353	0,0209	0,1876	0,7454	13,1373	0,1068	0,7453	4,3448
		Foz do Rio Doce (FRD)		0,0428	0,0088	0,1944	1,3310	11,2668	0,0801	0,2529	4,5380
		Guarapari (GUA)									
		Itaúnas (ITA)		0,0565	0,0758	0,7647	0,7768	9,1178	0,0920	0,7582	1,5422
		Vitória (VIX)		0,3845	0,0260	0,2645	0,3885	1,7745	0,0340	0,2895	3,1425

Fonte: EcoConservation. Relatório Técnico - RT ECV 065/16. Monitoramento de bioacumulação (ictiofauna, carcinofauna e malacofauna) por metais, na região marinha adjacente à foz do Rio Doce e sob possível influência da lama de rejeitos oriunda do rompimento da barragem de Fundão..

Figura 5 - Valores do Índice de bioacumulação de metais e As (IBR bioacumulação) determinados nos diferentes tecidos de peixes coletados 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) e Campanha 6 (jun/ago 2021 – período seco) nos setores Sul (Guarapari e Vitória), APA (Costa das Alagas), Foz (foz do Rio Doce) e Norte (Degredo, Barra Nova, Itaúnas).

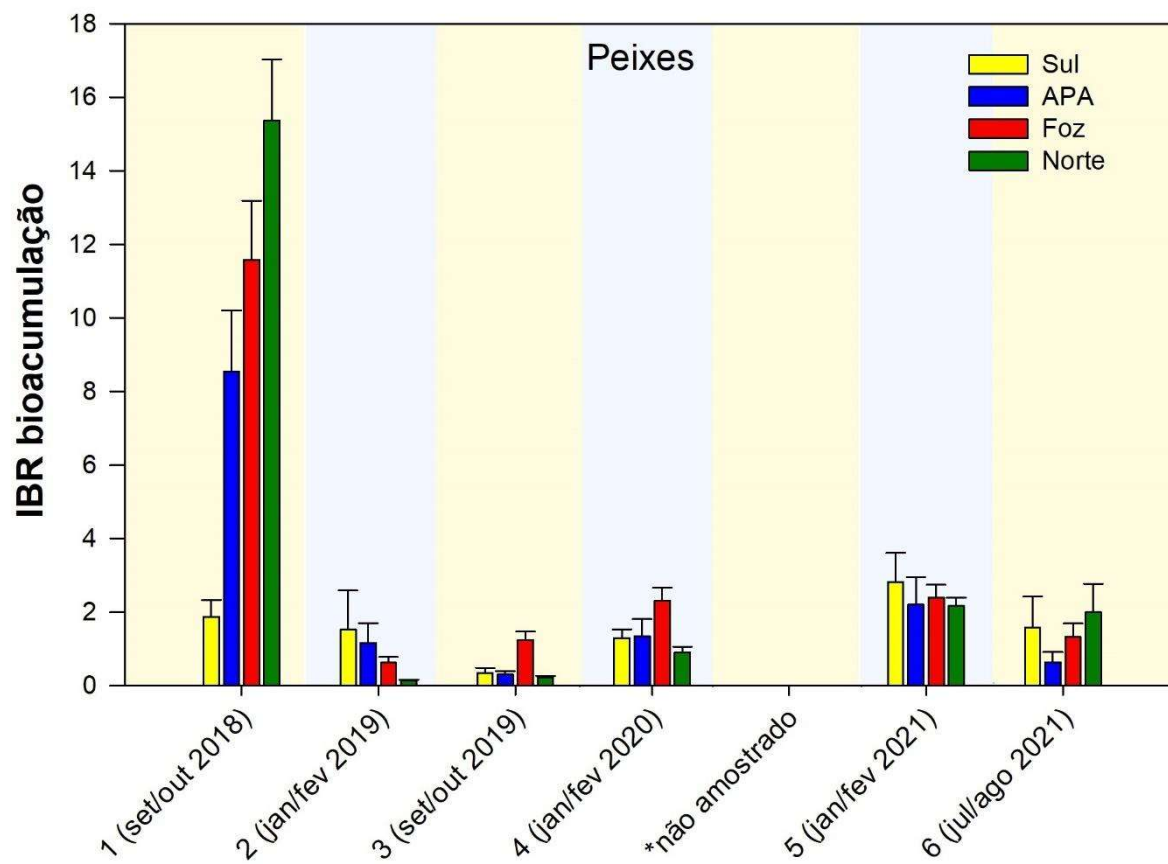


Figura 6 - Gráficos de radar obtidos a partir do Índice de bioacumulação de metais e As (IBR bioacumulação) determinados em tecidos de peixes coletados durante a Campanha 1 (set/out 2018 – período seco), Campanha 2 (jan/fev 2019 – período chuvoso), Campanha 3 (set/out 2019 – período seco), Campanha 4 (jan/fev 2020 – período chuvoso), Campanha 5 (jan/fev 2021 – período chuvoso) e Campanha 6 (jul/ago 2021 – período seco) nos setores Sul (Guarapari e Vitória), APA (Costa das Algas), Foz (foz do Rio Doce) e Norte (Degredo, Barra Nova e Itaúnas), mostrando a variação espaço temporal de cada metal e a contribuição destes para a composição do índice.

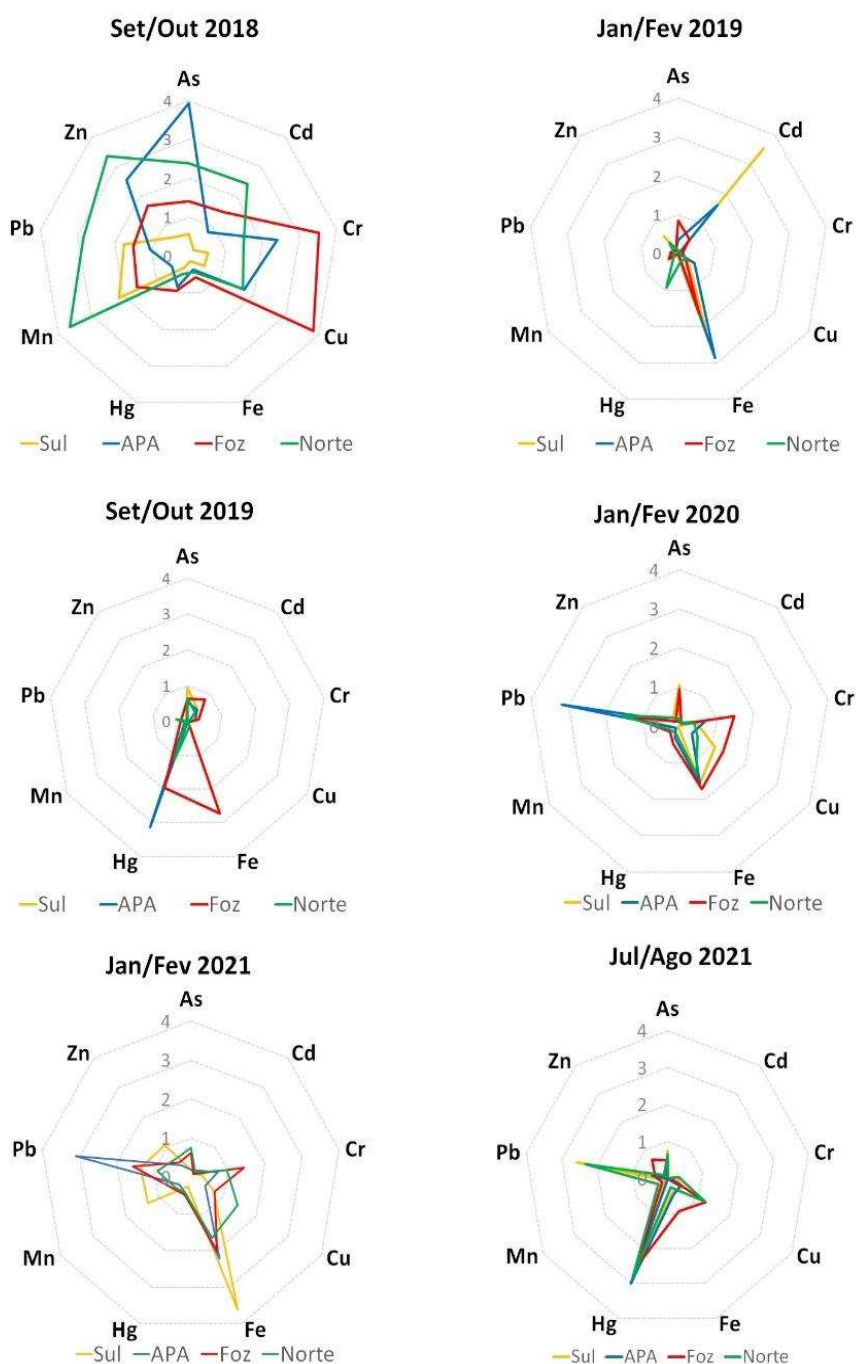


Figura 7 - Valores do Índice de bioacumulação de metais e As (IBR bioacumulação) em corais coletados nas estações amostrais na localidade de Abrolhos (ABR01, ABR02, ABR04 e ABRC) durante a Campanha 1 (set/out 2018 – período seco), Campanha 2 (jan/fev 2019 – período chuvoso), Campanha 3 (set/out 2019 – período seco), Campanha 4 (jan/fev 2020 – período chuvoso), Campanha 5 (jan/fev 2021 – período chuvoso) e Campanha 6 (jul/ago 2021 – período seco).

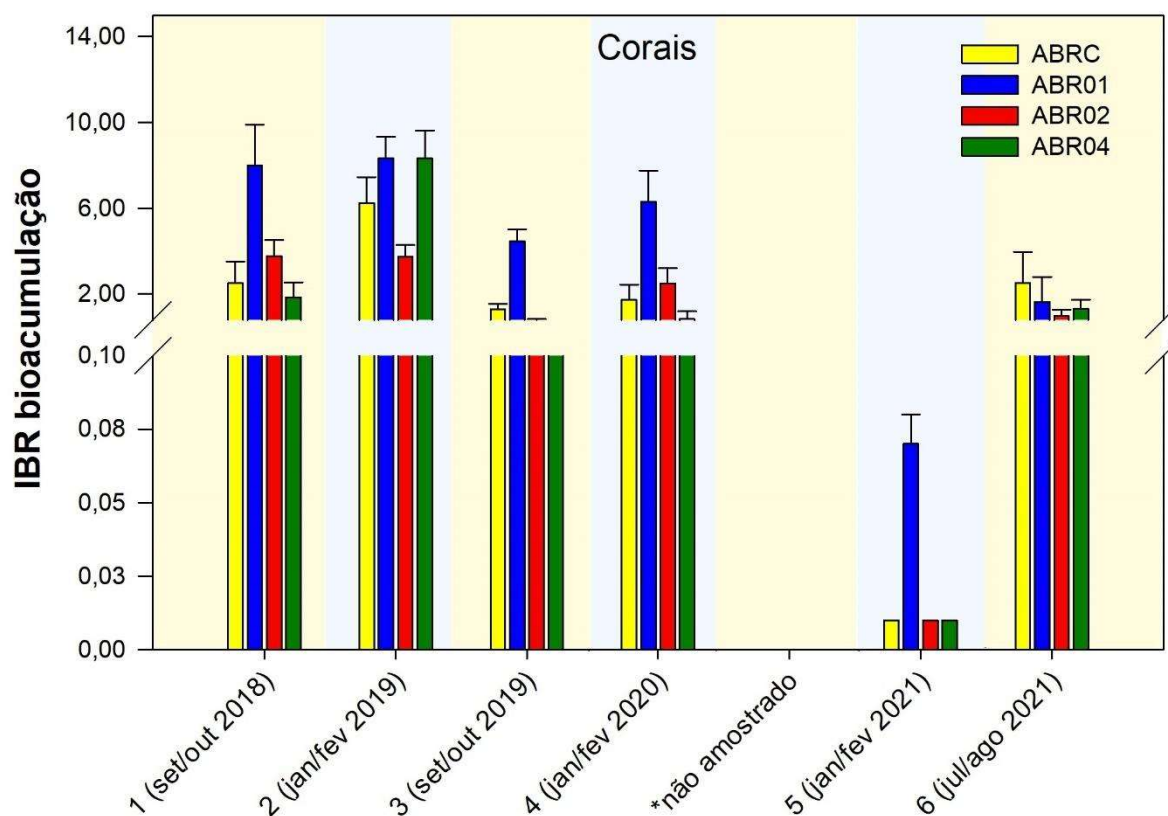


Figura 8- Gráficos de radar obtidos a partir do Índice de bioacumulação de metais e As (IBR bioacumulação) de corais coletados nas estações amostrais na localidade de Abrolhos (ABR01, ABR02, ABR04 e ABRC) durante a Campanha 1 (set/out 2018 – período seco), Campanha 2 (jan/fev 2019 – período chuvoso), Campanha 3 (set/out 2019 – período seco), Campanha 4 (jan/fev 2020 – período chuvoso), Campanha 5 (jan/fev 2021 – período chuvoso) e Campanha 6 (jul/ago 2021 – período seco), mostrando a variação espaço temporal de cada metal e a contribuição destes para a composição do índice.

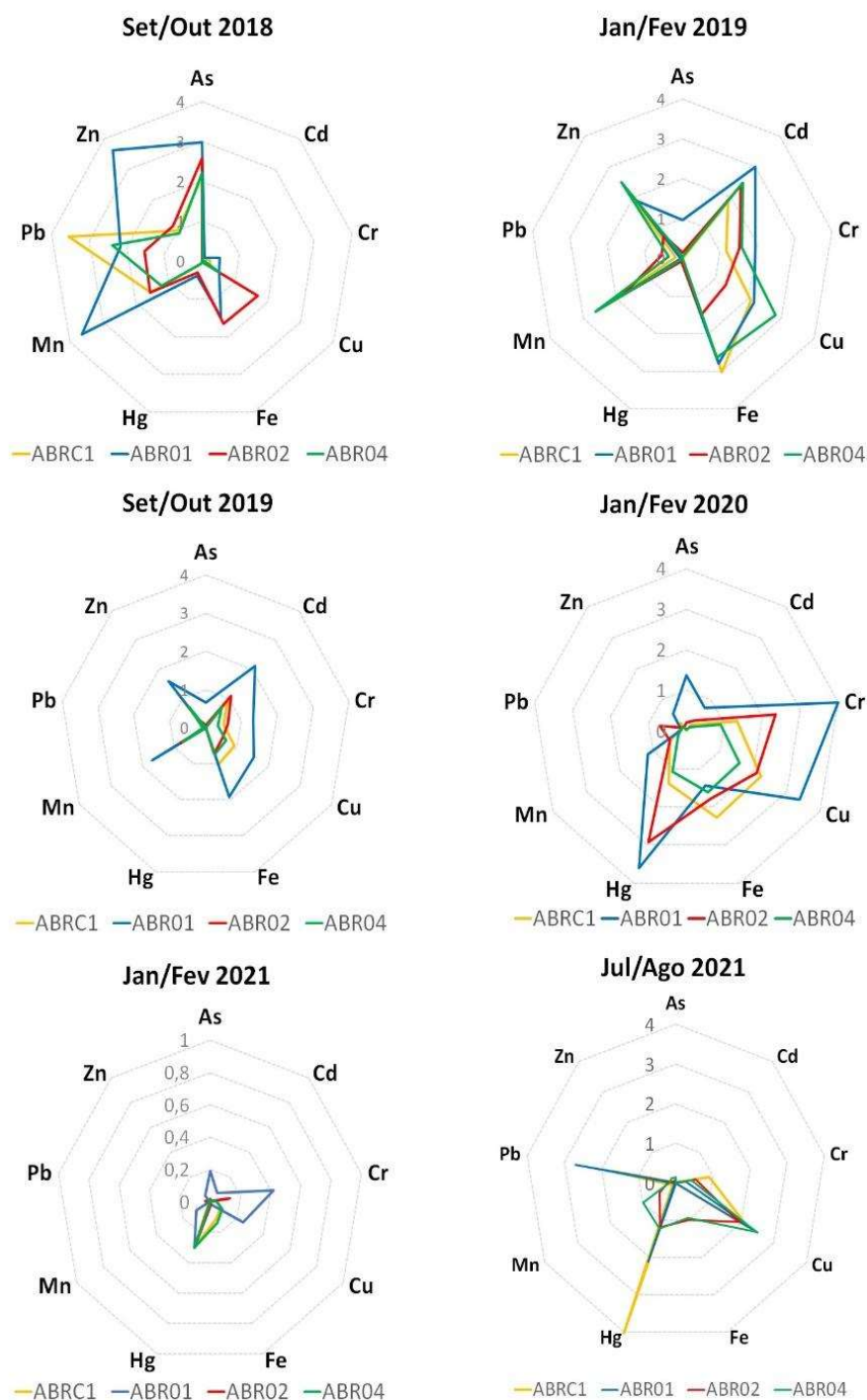


Figura 9 - Valores do Índice da resposta biológica (IBR biomarcador) para a comunidade planctônica no ambiente marinho amostrada na Campanha 1 (set/out 2018 – período seco), Campanha 2 (jan/fev 2019 – período chuvoso), Campanha 3 (set/out 2019 – período seco), Campanha 4 (jan/fev 2020 – período chuvoso), Campanha 5 (jan/fev 2021 – período chuvoso) e Campanha 6 (jul/ago 2021 – período seco), nos setores Sul (Guarapari e Vitória), APA (Costa das Alagas), Foz (foz do Rio Doce) e Norte (Degredo, Barra Nova, Itaúnas). * Análise ainda não realizada, dados em finalização.

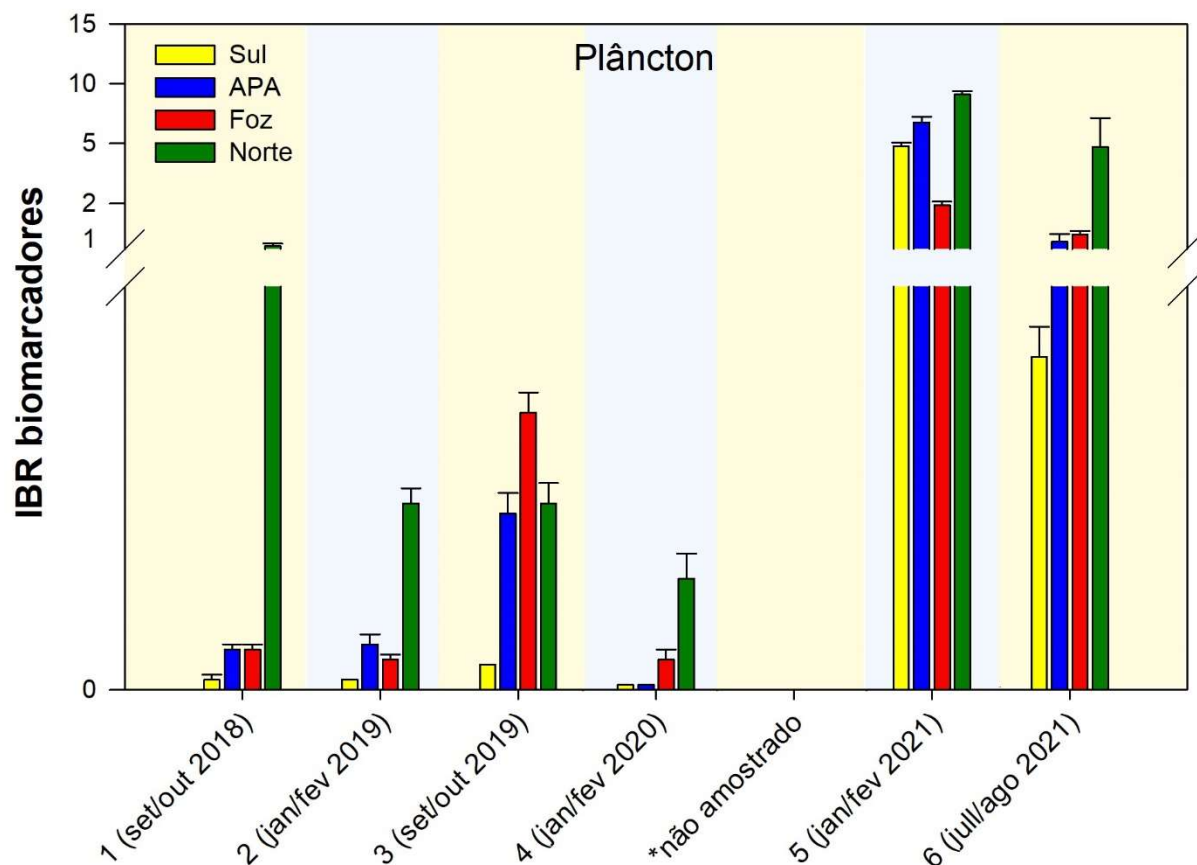


Figura 10 - Gráficos de radar obtidos a partir do índice da resposta biológica (IBR biomarcador) no plâncton marinho coletado durante a Campanha 1 (set/out 2018 – período seco), Campanha 2 (jan/fev 2019 – período chuvoso), Campanha 3 (set/out 2019 – período seco) e Campanha 4 (jan/fev 2020 – período chuvoso), Campanha 5 (jan/fev 2021 – período chuvoso) e Campanha 6 (jul/ago 2021 – período seco) nos setores Sul (Guarapari e Vitória), APA (Costa das Alagas), Foz (foz do Rio Doce) e Norte (Degredo, Barra Nova, Itaúnas), mostrando a variação espaço temporal de cada biomarcador e a contribuição destes para a composição do índice.

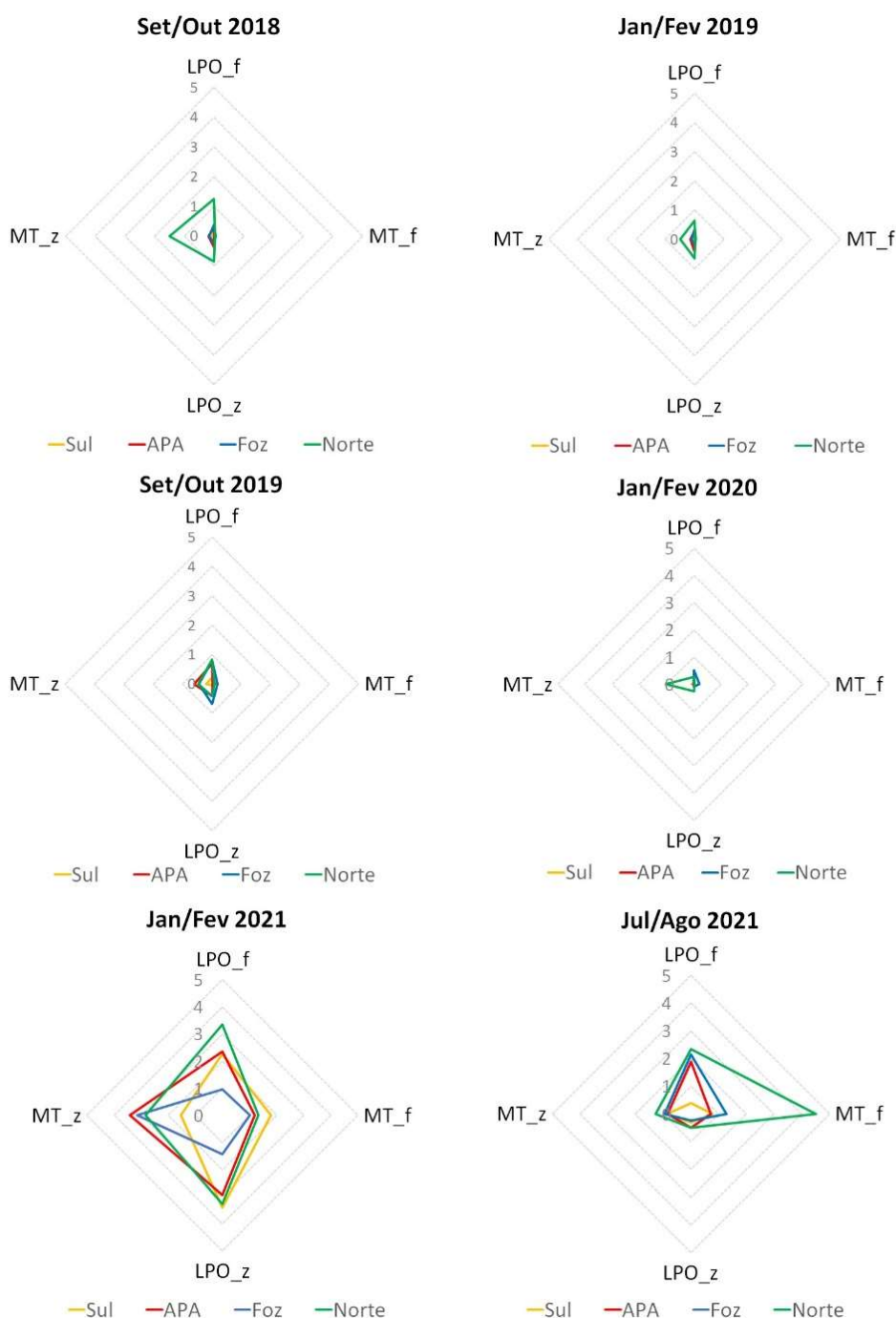


Figura 11 - Valores do Índice da resposta biológica (IBR biomarcador) em camarões marinhos amostrados na Campanha 1 (set/out 2018 – período seco), Campanha 2 (jan/fev 2019 – período chuvoso), Campanha 3 (set/out 2019 – período seco), Campanha 4 (jan/fev 2020 – período chuvoso), Campanha 5 (jan/fev 2021 – período chuvoso) e Campanha 6 (jul/ago 2021 – período seco), nos setores Sul (Guarapari e Vitória), APA (Costa das Alagas), Foz (foz do Rio Doce) e Norte (Degredo, Barra Nova, Itaúnas). Os cálculos para a sexta Campanha foram feitos em separado, visto a não finalização dos dados dos biomarcadores MT e AP. Durante as Campanhas 4 (jan/fev 2020) e 6 (jul/ago 2021) não foram coletados camarões nos pontos do setor Sul.

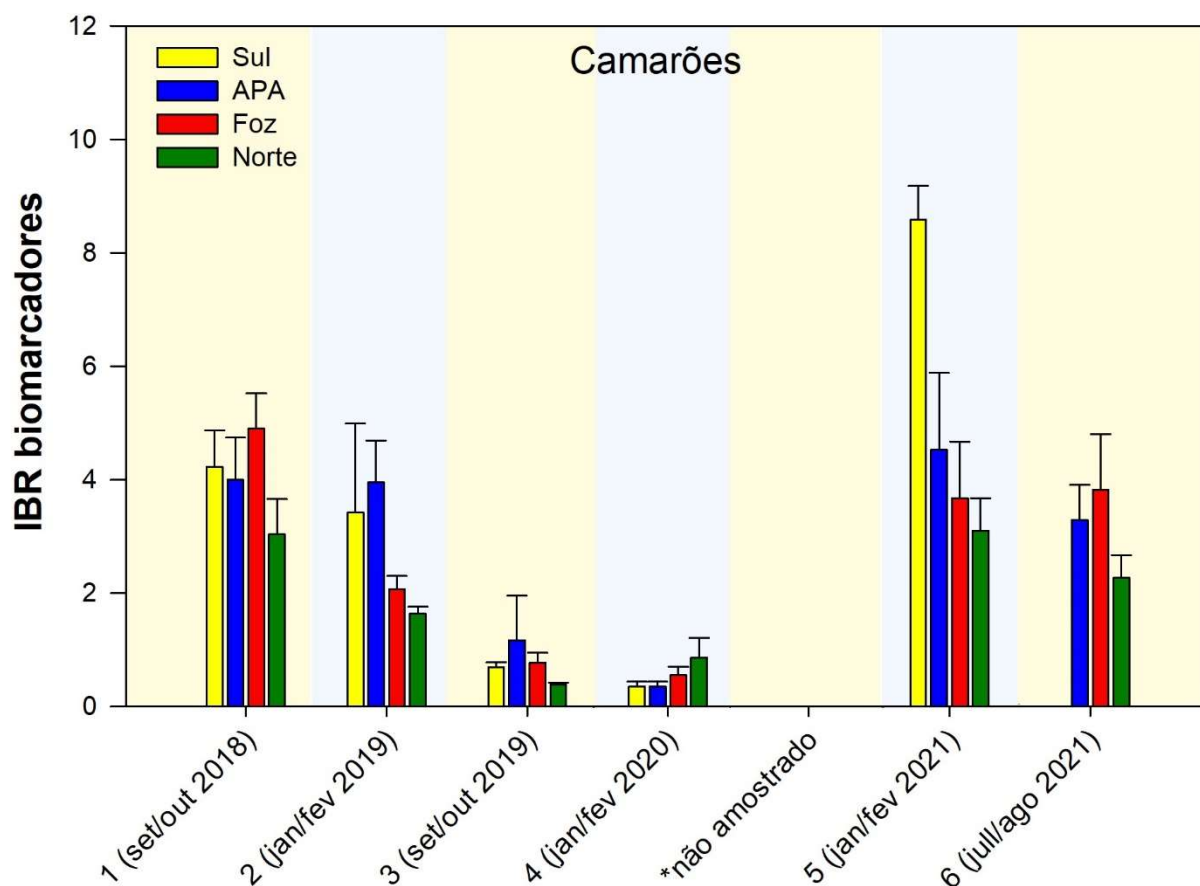


Figura 12 - Gráficos de radar obtidos a partir do índice da resposta biológica (IBR biomarcador) em camarões marinhos coletados durante a Campanha 1 (set/out 2018 – período seco), Campanha 2 (jan/fev 2019 – período chuvoso), Campanha 3 (set/out 2019 – período seco), Campanha 4 (jan/fev 2020 – período chuvoso), Campanha 5 (jan/fev 2021 – período chuvoso) e Campanha 6 (jul/ago 2021 – período seco), nos setores Sul (Guarapari e Vitória), APA (Costa das Alagas), Foz (foz do Rio Doce) e Norte (Degredo, Barra Nova, Itaúnas), mostrando a variação espaço temporal de cada biomarcador e a contribuição destes para a composição do índice.

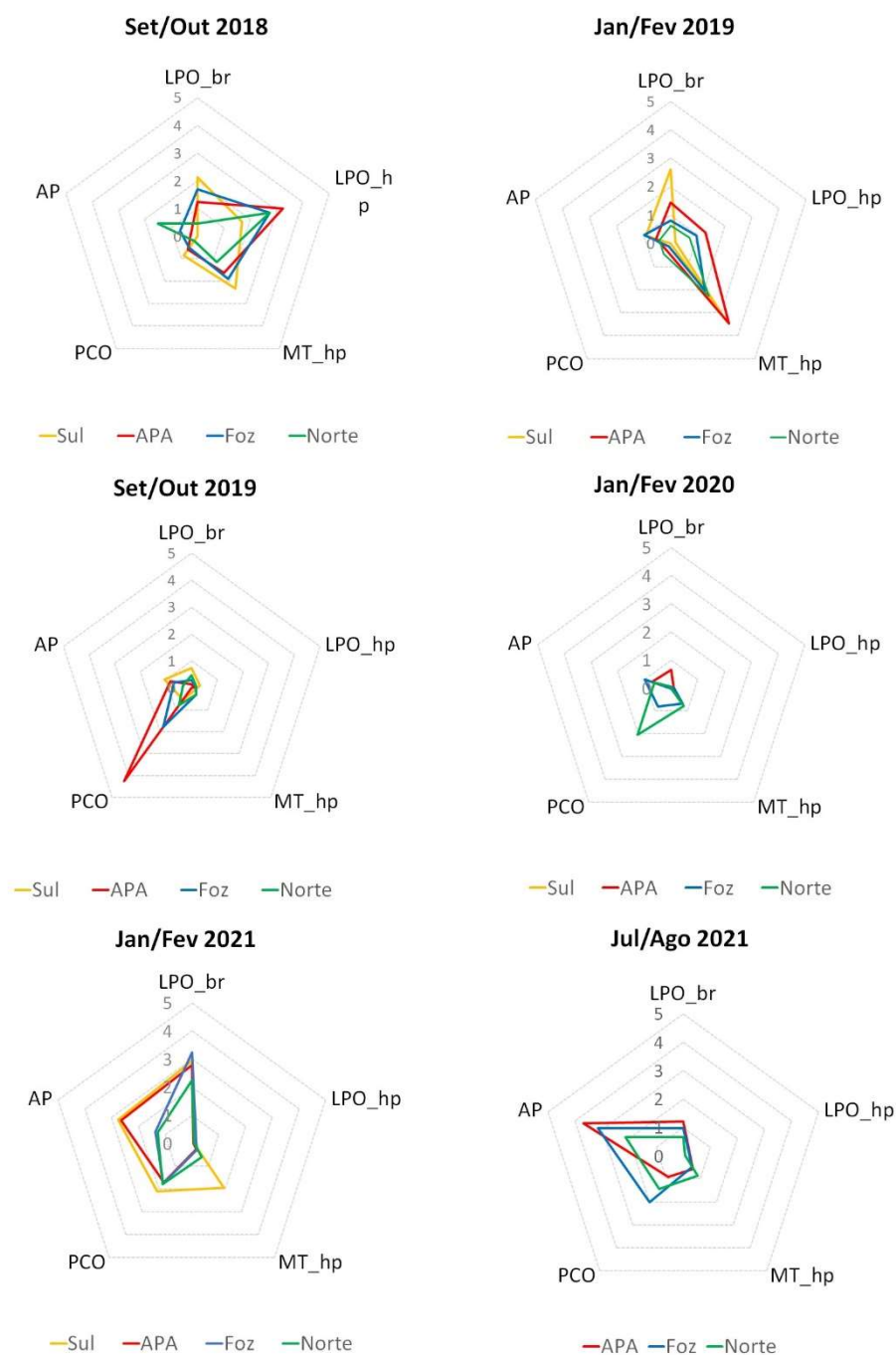


Figura 13 - Valores do Índice da resposta biológica (IBR biomarcador) em peixes marinhos amostrados na Campanha 1 (set/out 2018 – estação seca), Campanha 2 (jan/fev 2019 – estação chuvosa), Campanha 3 (set/out 2019 – estação seca), Campanha 4 (jan/fev 2020 – estação chuvosa), Campanha 5 (jan/fev 2021 – estação chuvosa) e Campanha 6 (jul/ago 2021 – estação seca), nos setores Sul (Guarapari e Vitória), APA (Costa das Alagas), Foz (foz do Rio Doce) e Norte (Degredo, Barra Nova, Itaúnas). Os cálculos para a sexta Campanha foram feitos em separado, visto a não finalização dos dados dos biomarcadores MT e AP.

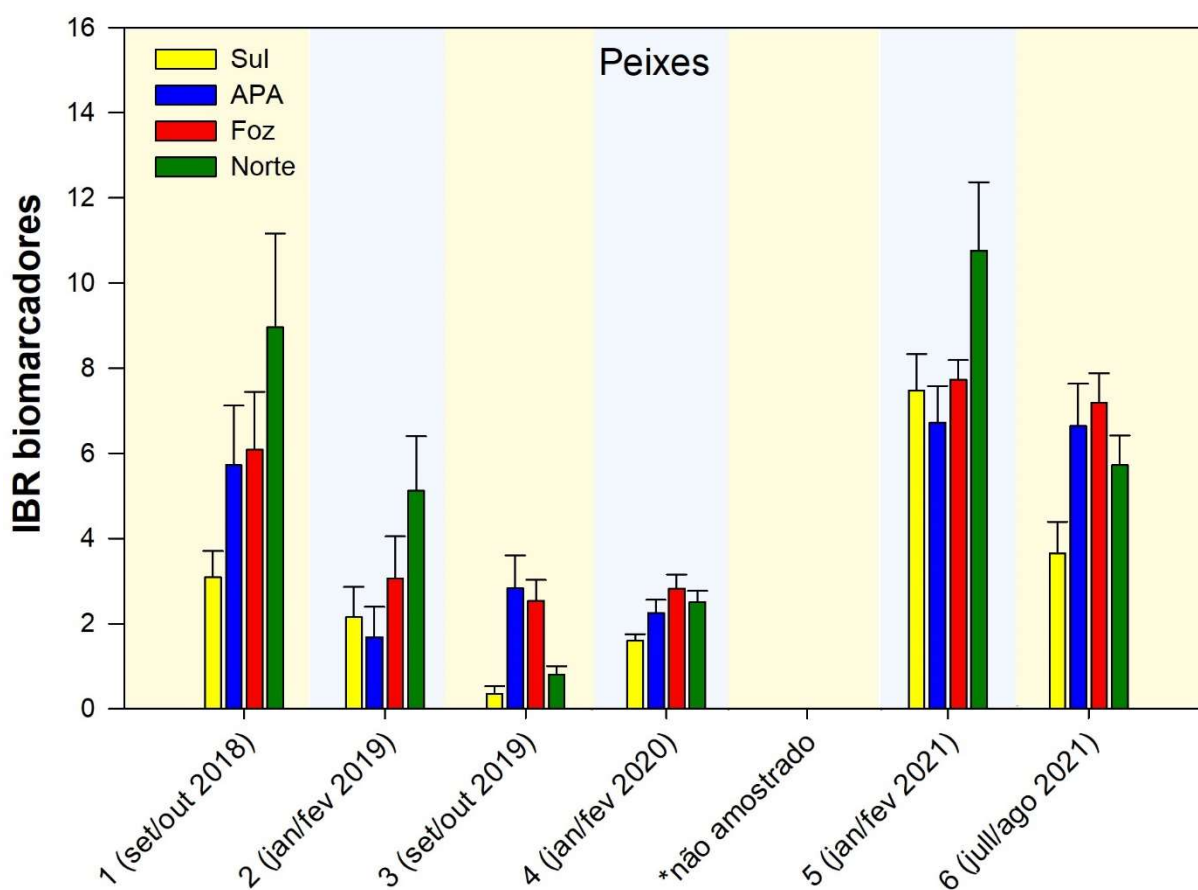


Figura 14 - Gráficos de radar obtidos a partir do Índice da resposta biológica (IBR biomarcador) em peixes marinhos coletados durante a Campanha 1 (set/out 2018 – estação seca), Campanha 2 (jan/fev 2019 – estação chuvosa), Campanha 3 (set/out 2019 – estação seca), Campanha 4 (jan/fev 2020 – estação chuvosa), Campanha 5 (jan/fev 2021 – estação chuvosa) e Campanha 6 (jul/ago 2021 – estação seca), nos setores Sul (Guarapari e Vitória), APA (Costa das Alagas), Foz (foz do Rio Doce) e Norte (Degredo, Barra Nova, Itaúnas), mostrando a variação espaço temporal de cada biomarcador e a contribuição destes para a composição do índice.

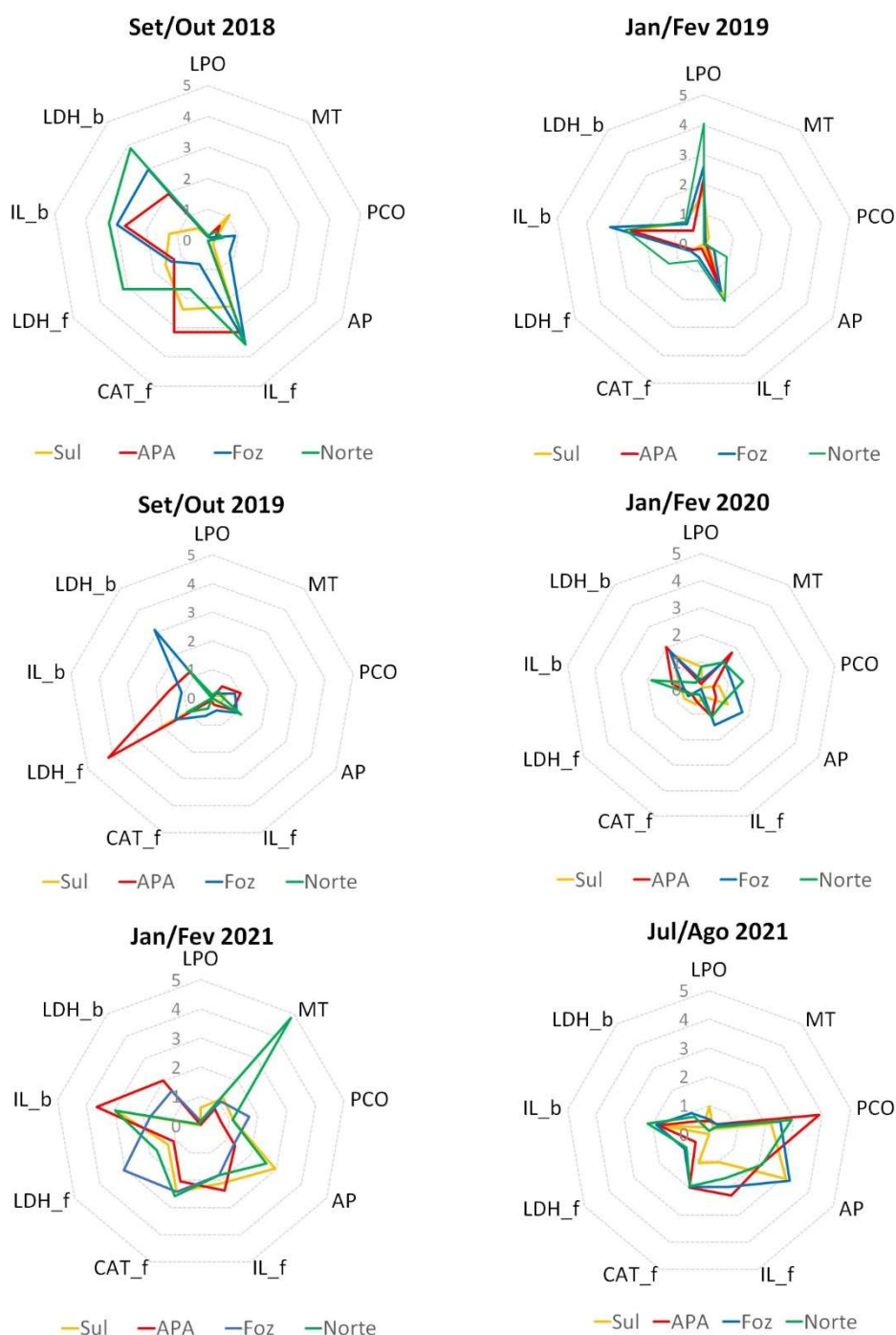


Figura 15 - Valores do Índice da resposta biológica (IBR biomarcador) em amostras de corais (*Mussismilia harttii*) e hidrocorais (*Millepora alcicornis*) coletadas durante a Campanha 1 (set/out 2018 – estação seca), Campanha 2 (jan/fev 2019 – estação chuvosa), Campanha 3 (set/out 2019 – estação seca), Campanha 4 (jan/fev 2020 – estação chuvosa), Campanha 5 (jan/fev 2021 – estação chuvosa) e Campanha 6 (jul/ago 2021 – estação seca), nos pontos da região de Abrolhos (ABR01, ABR02, ABR04 e ABRC1).

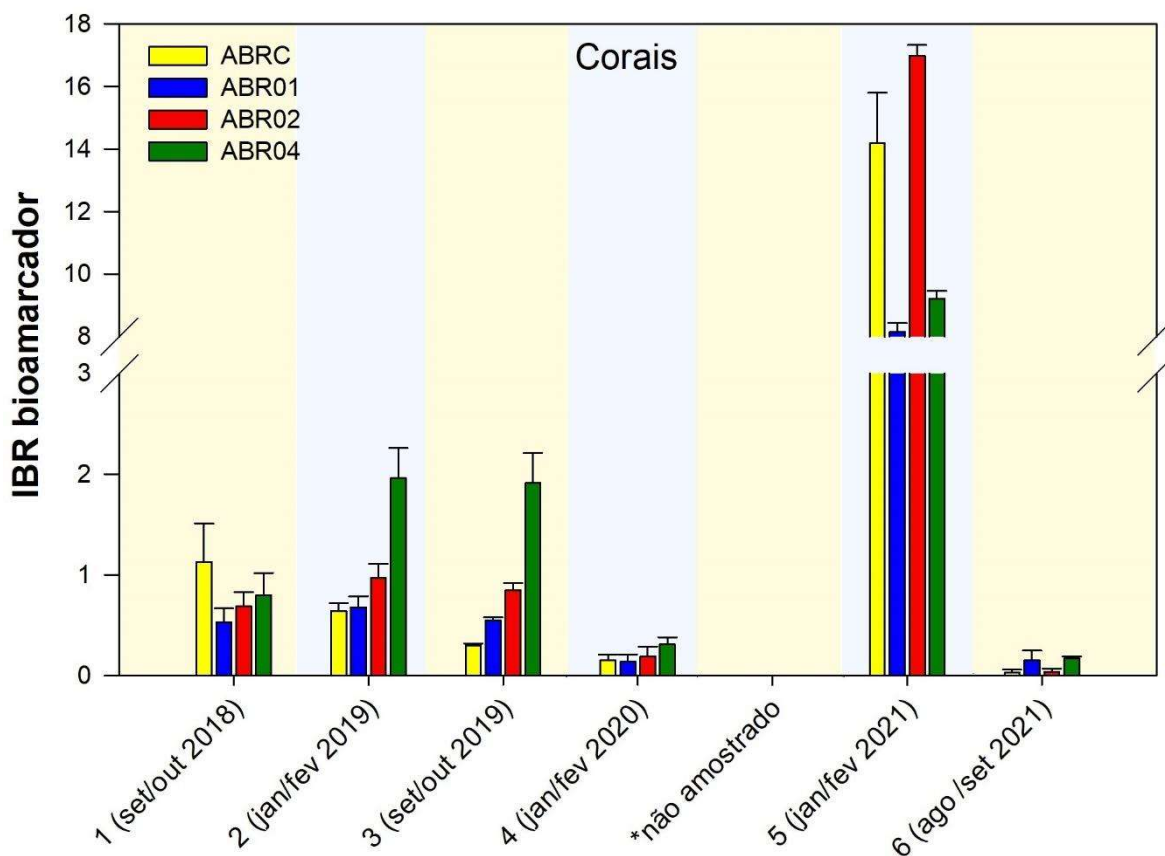


Figura 16 – Gráficos de radar obtidos a partir Índice da resposta biológica (IBR biomarcador) em amostras de corais (*Mussismilia harttii*) e hidrocorais (*Millepora alcicornis*) amostradas na localidade de Abrolhos (ABR01, ABR02, ABR04 e ABRC1) durante a Campanha 1 (set/out 2018 – estação seca), Campanha 2 (jan/fev 2019 – estação chuvosa), Campanha 3 (set/out 2019 – estação seca), Campanha 4 (jan/fev 2020 – estação chuvosa), Campanha 5 (jan/fev 2021 – estação chuvosa) e Campanha 6 (jul/ago 2021 – estação seca), mostrando a variação espaço temporal de cada biomarcador e a contribuição destes para a composição do índice.

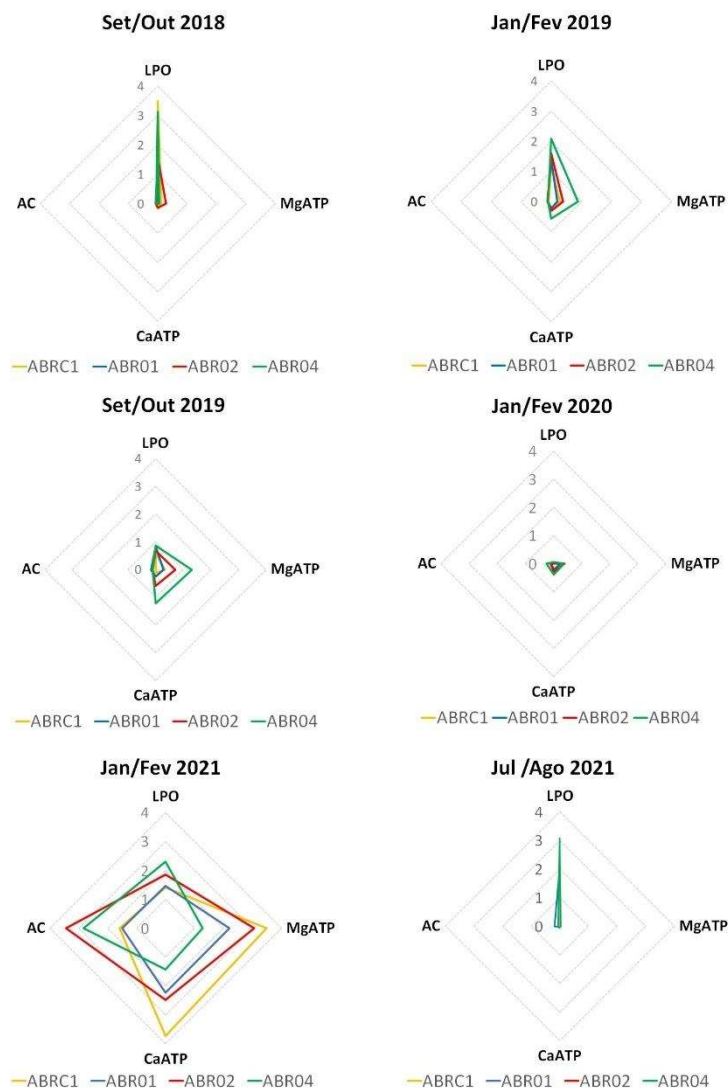


Figura 17 - Abundância relativa dos grupos bacterianos utilizados como bioindicadores. Os gráficos de pizza representam as abundâncias encontradas nas seis campanhas realizadas (de dentro para fora). Da esquerda para direita encontram-se: água de superfície, água de fundo e sedimento, respectivamente. Código das áreas amostrais: Sul (Vitória e Guarapari), APA (Costa das Algas), Foz (foz do Rio Doce), Norte (Degredo, Barra Nova e Itaúnas), e Abrolhos (ABR).

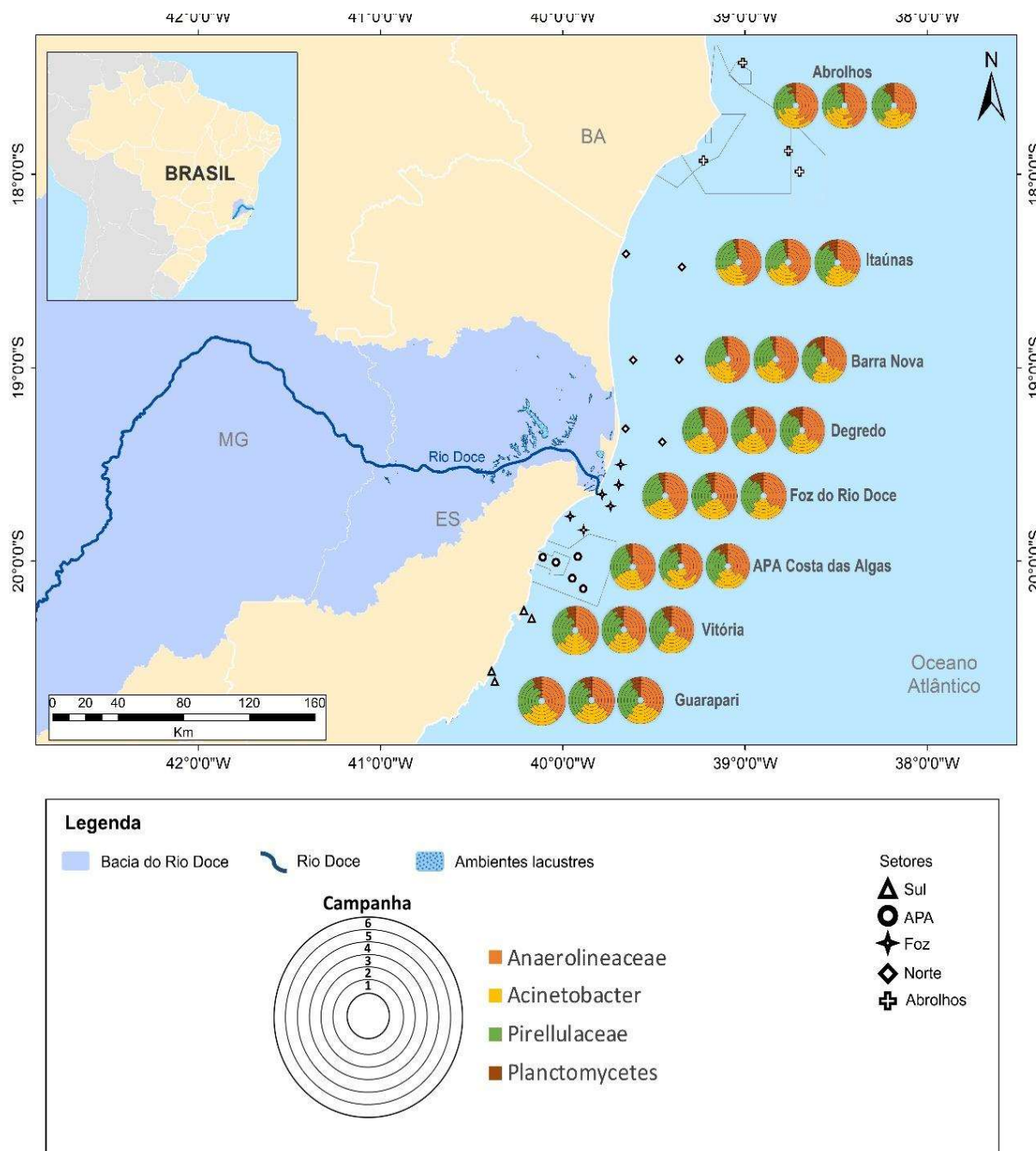


Figura 18 - Abundância relativa dos grupos bacterianos utilizados como bioindicadores nos corais da região de Abrolhos (ABRC1, ABR01, ABR02 e ABR04). Os gráficos de pizza representam as abundâncias encontradas nas seis campanhas realizadas (de dentro para fora). Da esquerda para direita encontram-se: coral da espécie *Millepora Albicornis* e *Mussismilia Hartii*, respectivamente.

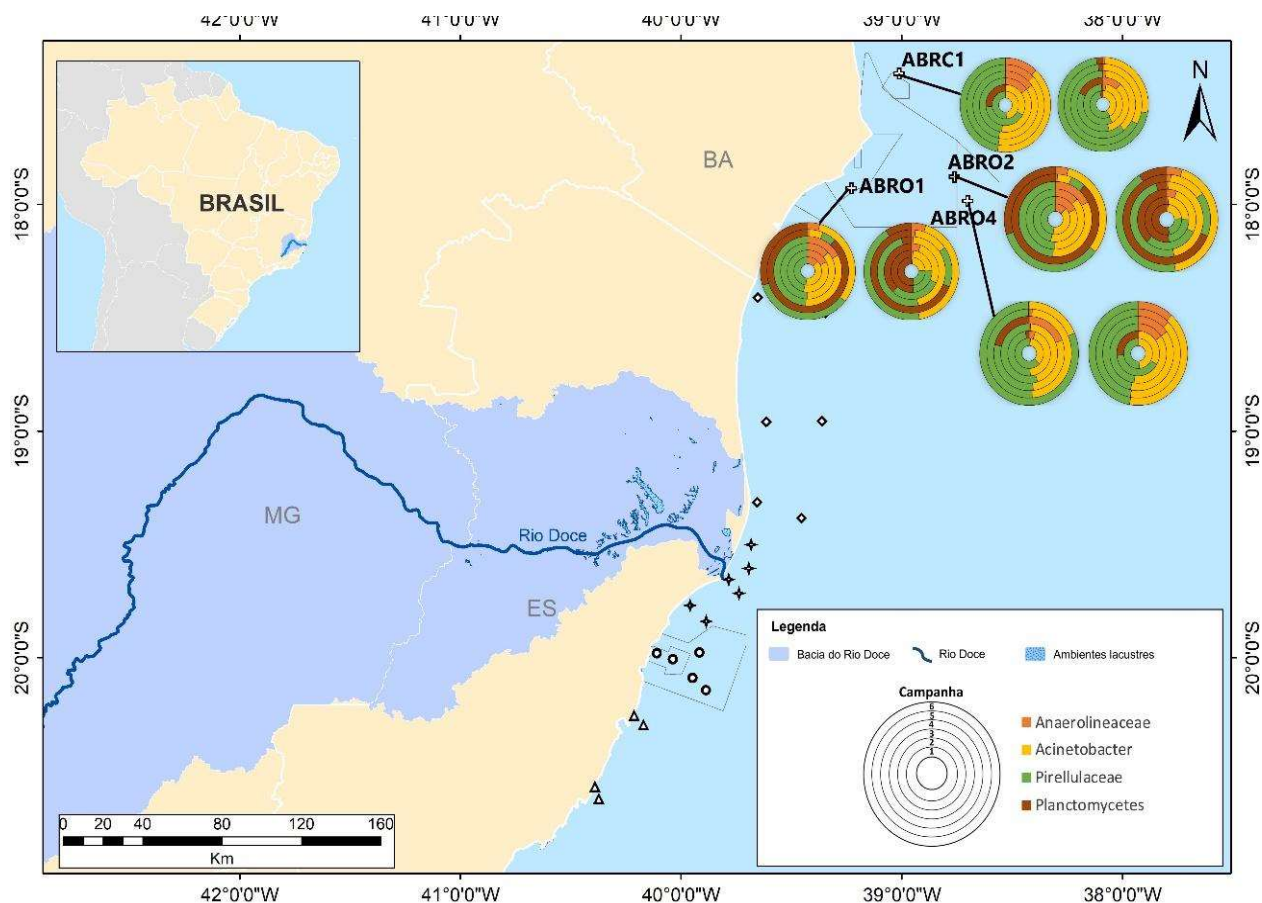
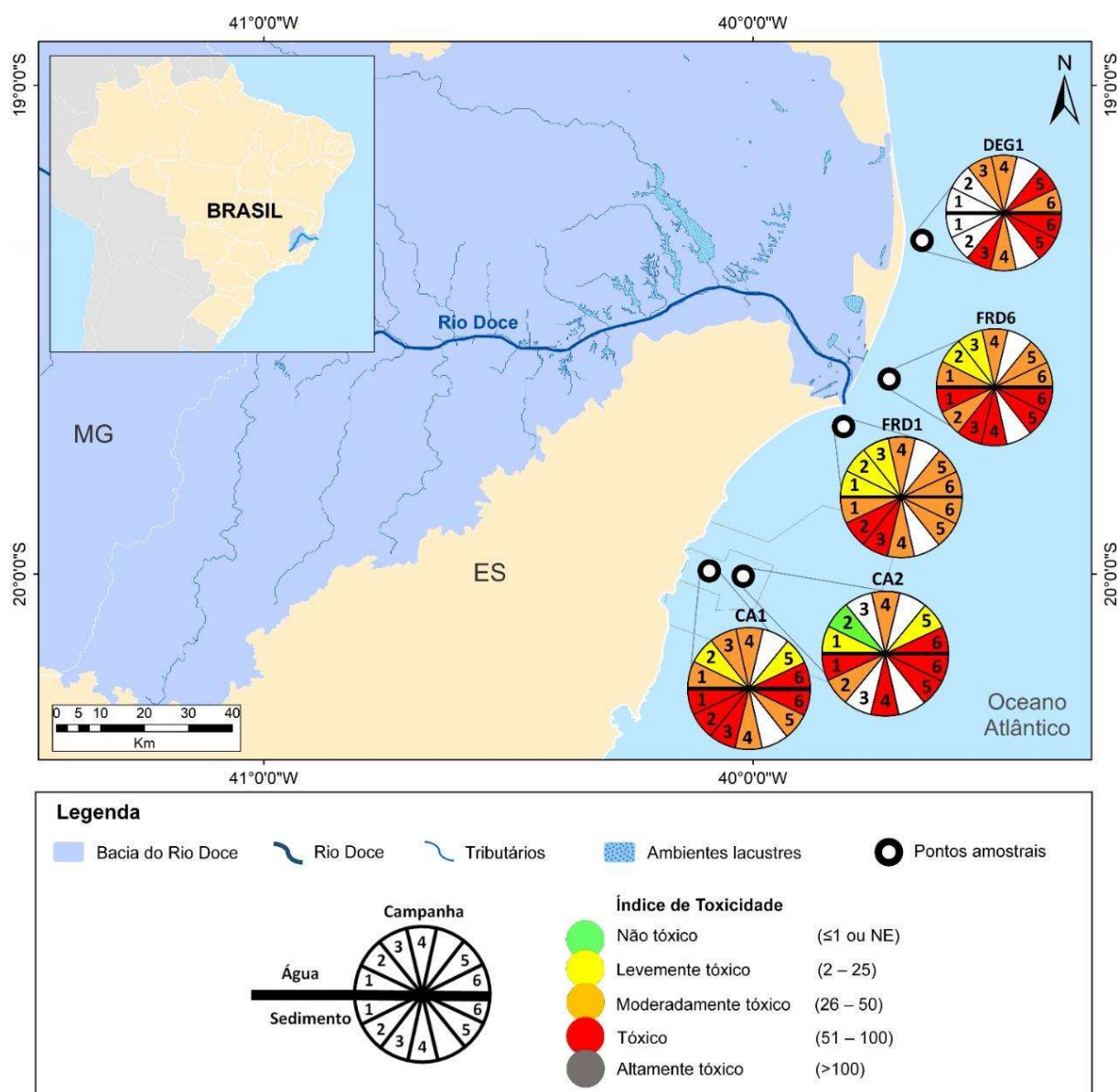


Figura 19 - Classificação ecotoxicológica das amostras de água e sedimento coletadas pelo Anexo 1 do PMBA/FEST-RRDM ao longo do Ano 1 (Campanha 1, set/out de 2018 - período seco; e Campanha 2, jan/fev de 2019 - período chuvoso), Ano 2 (Campanha 3, set/out de 2019 - período seco; e Campanha 4, jan/fev de 2020 - período chuvoso) e Ano 3 (Campanha 5, jan/fev de 2021 - período chuvoso; e Campanha 6, jul/ago de 2021 - período seco) do monitoramento. A sigla NE, na legenda da Figura, significa não estimável, e é atribuída quando não se observa efeito da amostra bruta (100 %), impossibilitando estimar valor de toxicidade. O código dos pontos amostrais é: REVIS Santa Cruz (CA1 e CA2), foz do Rio Doce (FRD1 e FRD6), e Degredo (DEG1). O ponto DEG1 não foi monitorado pelo Anexo 1 no Ano 1 do PMBA/Fest-RRDM, e o ponto CA2 não foi monitorado em na Campanha 3 (set/out de 2019). Por conta da pandemia da COVID-19, não houve monitoramento em ago/set de 2020, representado pelo espaço em branco e, sem numeração, nos gráficos de pizza.



Quadro 4 - 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), biomarcador (resposta biológica de exposição e efeito em nível organizmático) e microbiologia (resposta biológica em nível de comunidade).

Níveis ecotoxic.	Descrição de cada critério	Cálculo de cada critério	Peso de cada critério	Cálculo do IIE por nível	IEE Máximo
Nível 1 Bioacumulação (18%)	Dados pretéritos: M= 0 inferior/1 superior n= número de metais comparados	$C1_{plâncton} = \Sigma M/n$	$C1 * 3\%$	$\Sigma(c1*3\%)$	18
		$C1_{camartão} = \Sigma M/n$	$C1 * 3\%$		
		$C1_{peixe} = \Sigma M/n$	$C1 * 3\%$		
	IBR Bioacumulação: Normalizado pelo valor máximo de ocorrência entre campanhas e setores.	$IBR_{plâncton} / IBR_{máx}$	$C1 * 3\%$		
		$IBR_{camartão} / IBR_{máx}$	$C1 * 3\%$		
		$IBR_{peixe} / IBR_{máx}$	$C1 * 3\%$		
Nível 2 Biomarcador (27%)	IBR Biomarcador	$IBR_{plâncton} / IBR_{máx}$	$C2 * 9\%$	$\Sigma(c2*9\%)$	27
		$IBR_{camartão} / IBR_{máx}$	$C2 * 9\%$		
		$IBR_{peixe} / IBR_{máx}$	$C2 * 9\%$		
Nível 3 Microbiologia (55%)	Táxons bioindicadores: T= % abundância do táxon. Normalizado pelo valor máximo de ocorrência entre campanhas e setores.	$\Sigma T_{\text{água}} / T_{\text{máx}}$	$C3 * 27,5\%$	$\Sigma(c3*27.5\%)$	55
		$\Sigma T_{\text{sedimento}} / T_{\text{máx}}$	$C3 * 27,5\%$		

Classificação IIE	Não impactado	Levemente Impactado	Moderadamente Impactado	Impactado	Altamente Impactado
	<1	$1 \leq IIE < 15$	$15 \leq IIE < 50$	$50 \leq IIE < 75$	$75 \leq IIE \leq 100$