

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

**ADES2 – Material Suplementar 2**

**Ambiente Dulcícola – Tema Ecotoxicologia**

**RT-42 / JAN 23**

**RSE2022 PMBA/Fest**

Vitória,

Janeiro de 2023

Quadro 1: Estações amostrais dulcícolas do Projeto Ecotoxicologia do PMBA/Fest e respectivas posições geográfica (latitude e longitude) em UTM/Sirgas 2000. \*Ponto avaliado apenas durante o Ano 1. \*\*pontos avaliados a partir do Ano 2. #Estação amostral não monitorada durante as Campanhas 4, 5 e 6, devido ao impedimento de acesso ao local que se encontra em propriedade particular.

NOME DA ESTAÇÃO AMOSTRAL	CÓDIGO DA ESTAÇÃO	UNIDADE DE CONSERVAÇÃO	COORDENADAS UTM (datum SIRGAS 2000)	
			LATITUDE	LONGITUDE
Rio Guandu	RGU-01	-	7828746,17	288351,08
Lago do Limão	LLM-01	-	7837447,02	355688,84
Lago Nova	LVN-01	-	7855827,03	377287,60
Lago Juparanã	LJP-01	-	7859664,14	385766,88
Rio Doce	RDO-15	-	7853249,98	387144,67
Rio Doce	RDR*	-	7837309,00	410025,62
Lagoa do Areão	LAO-02#	-	7835831,65	411472,58
Lagoa do Areal	LAL-01	-	7834176,33	413154,34
Lagoa Monsarás	LMN-01	-	7837161,08	415912,93
Foz do Rio Doce	RDO-16	-	7828234,12	414079,86
Rio Doce (Baixo Guandu)	RDO-11**	-	7841937	288650
Rio Doce (Colatina)	RDO-13**	-	7839122	328395
Lago Palmas	LPA**	-	7848967	370019

Figura 1: Mapa da malha amostral dulcícola monitorada pelo Projeto Ecotoxicologia PMBA/Fest. A nomenclatura das estações amostrais e as respectivas coordenadas geográficas encontram-se descritas no Tabela .

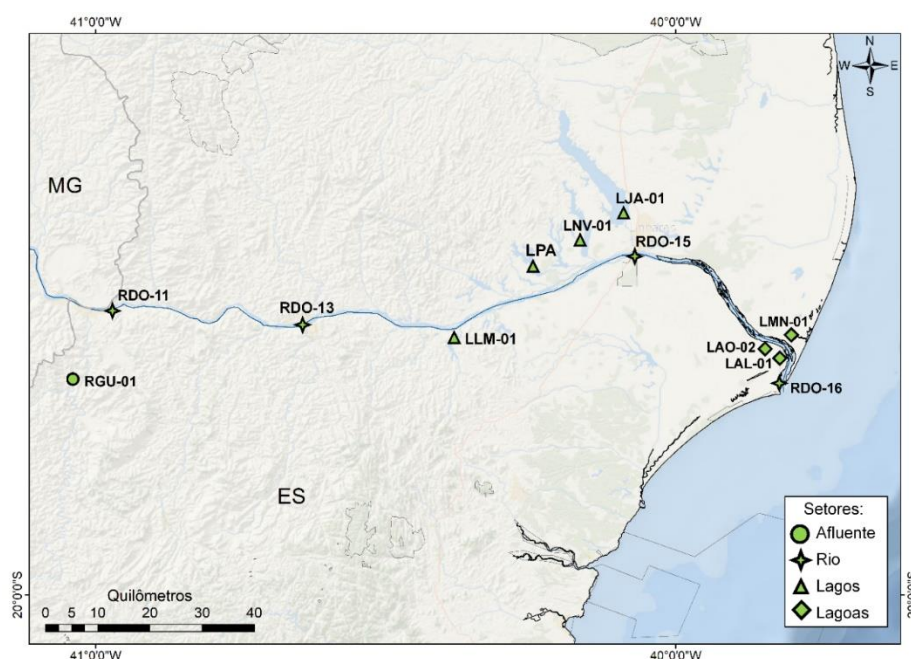


Figura 2: Análise de Componentes Principais aplicada para os dados de concentração de Alumínio (Al), Arsênio (As), Cádmio (Cd), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Mercúrio (Hg), Manganês (Mn), Níquel (Ni), Chumbo (Pb) e Zinco (Zn) no fitoplâncton (\_f) zooplâncton (\_z) coletado nas estações amostrais dulcícolas durante a Campanha 7 (período chuvoso, mar/2022). Código dos pontos amostrais: Rio Guandu (RGU-01), Lago do Limão (LLM-01), Lago Nova (LNV-01), Lago Juparanã (LJP-01), Lago Palmas (LPA), Lagoa do Areal (LAL-01), Lagoa Monsarás (LMN-01), Rio Doce em Baixo Guandu (RDO-11), Rio Doce em Colatina (RDO-13), Rio Doce em Linhares (RDO-15) e foz do Rio Doce (RDO-16). Classificação por setores: Afluente (RGU-01), Rio (RDO-11, RDO-13, RDO-15 e RDO-16), Lago (LLM-01, LNV-01, LJP-01 e LPA-01) e Lagoa (LAL-01 e LMN-01).

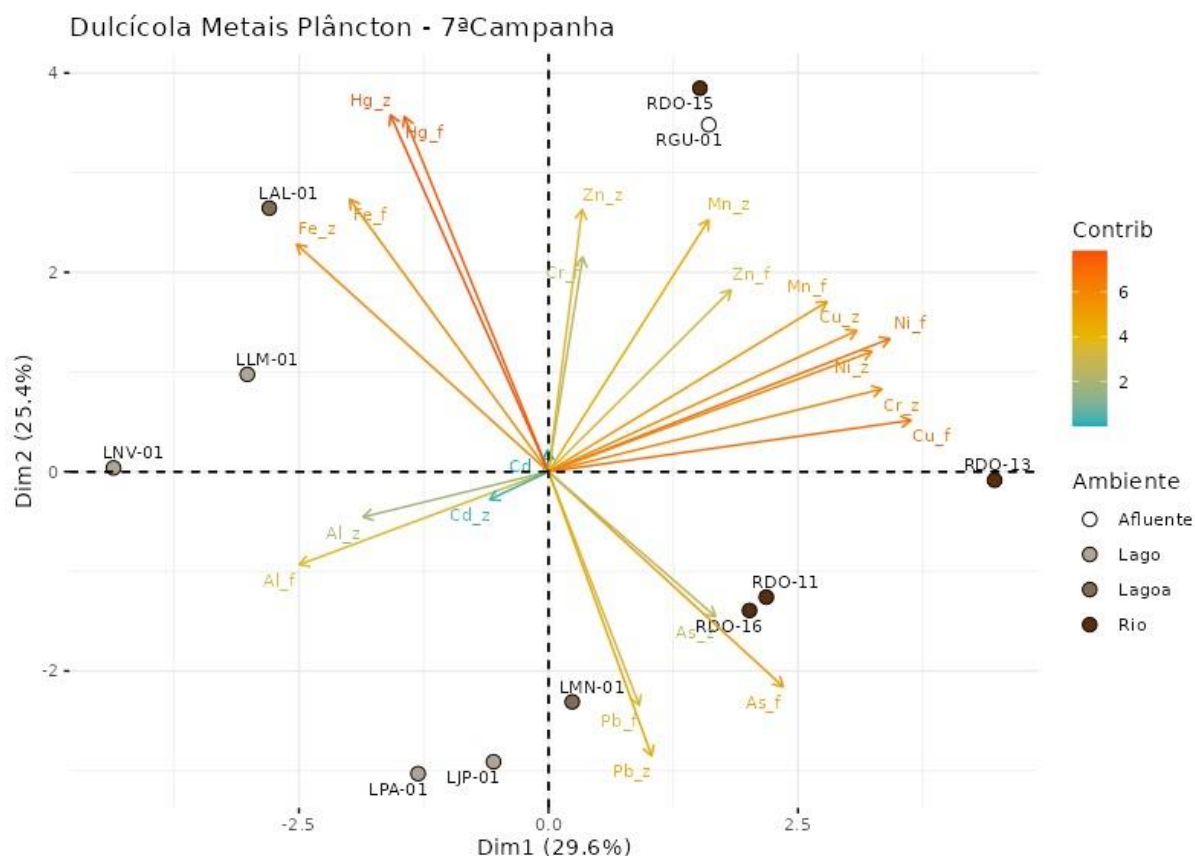


Figura 3: Valores médios do Índice de bioacumulação de metais e As (IBR bioacumulação) no plâncton (fitoplâncton e zooplâncton) coletado nos diferentes setores da malha amostral dulcícola durante a Campanha 1 (set/out 2018 – estação seca), Campanha 2 (jan/fev 2019 – estação chuvosa), Campanha 3 (set/out 2019 – estação seca), Campanha 4 (jan/fev 2020 – estação chuvosa), Campanha 5 (jan/fev 2021 – estação chuvosa), Campanha 6 (jul/ago 2021 – estação seca) e Campanha 7 (mar/2022 – estação chuvosa). Classificação por setores: Afluente (RGU-01), Rio (RDO-11, RDO-13, RDO-15 e RDO-16), Lago (LLM-01, LNV-01, LJP-01 e LPA-01) e Lagoa (LAL-01 e LMN-01).

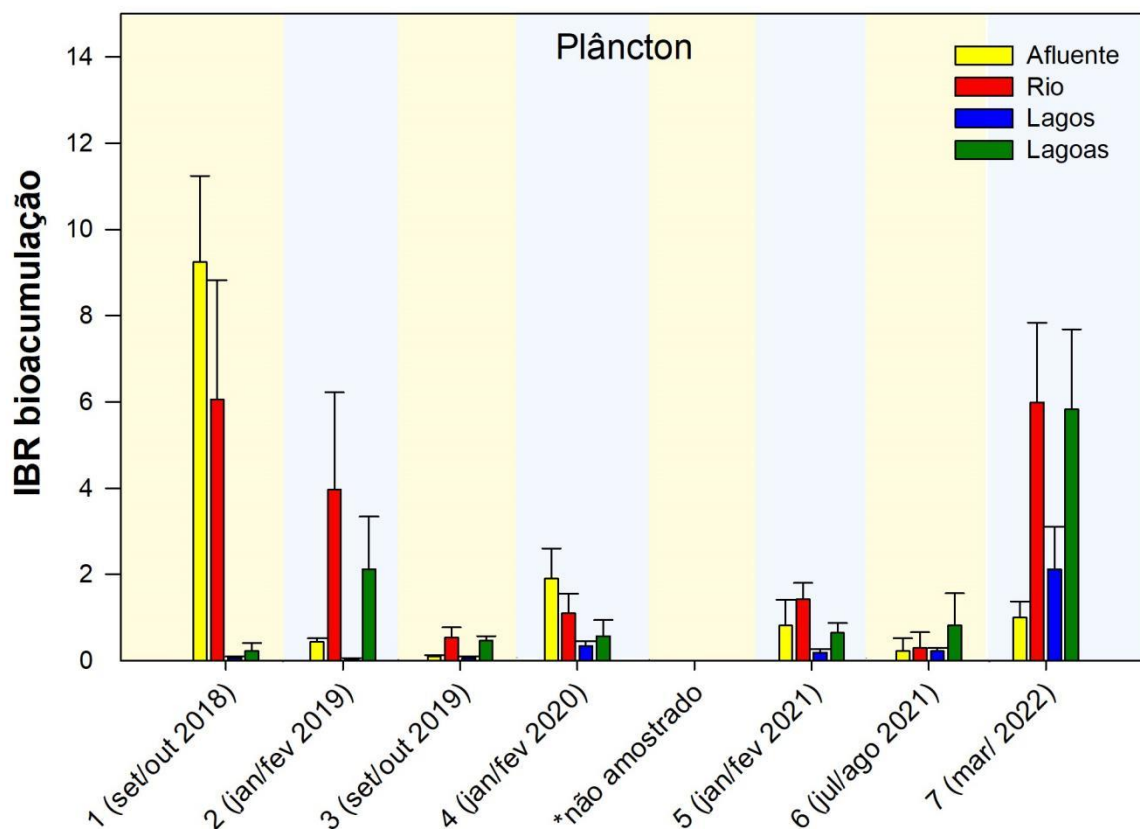


Figura 4: Gráficos de radar obtidos a partir do Índice de bioacumulação de metais e As (IBR bioacumulação) no plâncton (fitoplâncton e zooplâncton) coletado nos diferentes setores da malha amostral dulcícola durante a Campanha 1 (set/out 2018 – estação seca), Campanha 2 (jan/fev 2019 – estação chuvosa), Campanha 3 (set/out 2019 – estação seca), Campanha 4 (jan/fev 2020 – estação chuvosa), Campanha 5 (jan/fev 2021 – estação chuvosa), Campanha 6 (jul/ago 2021 – estação seca) e Campanha 7 (mar/ 2022 – estação chuvosa), mostrando a variação espaço temporal de cada metal e contribuição destes para a composição do índice. Classificação por setores: Afluente (RGU-01), Rio (RDO-11, RDO-13, RDO-15 e RDO-16), Lago (LLM-01, LNV-01, LJP-01 e LPA-01) e Lagoa (LAL-01 e LMN-01).

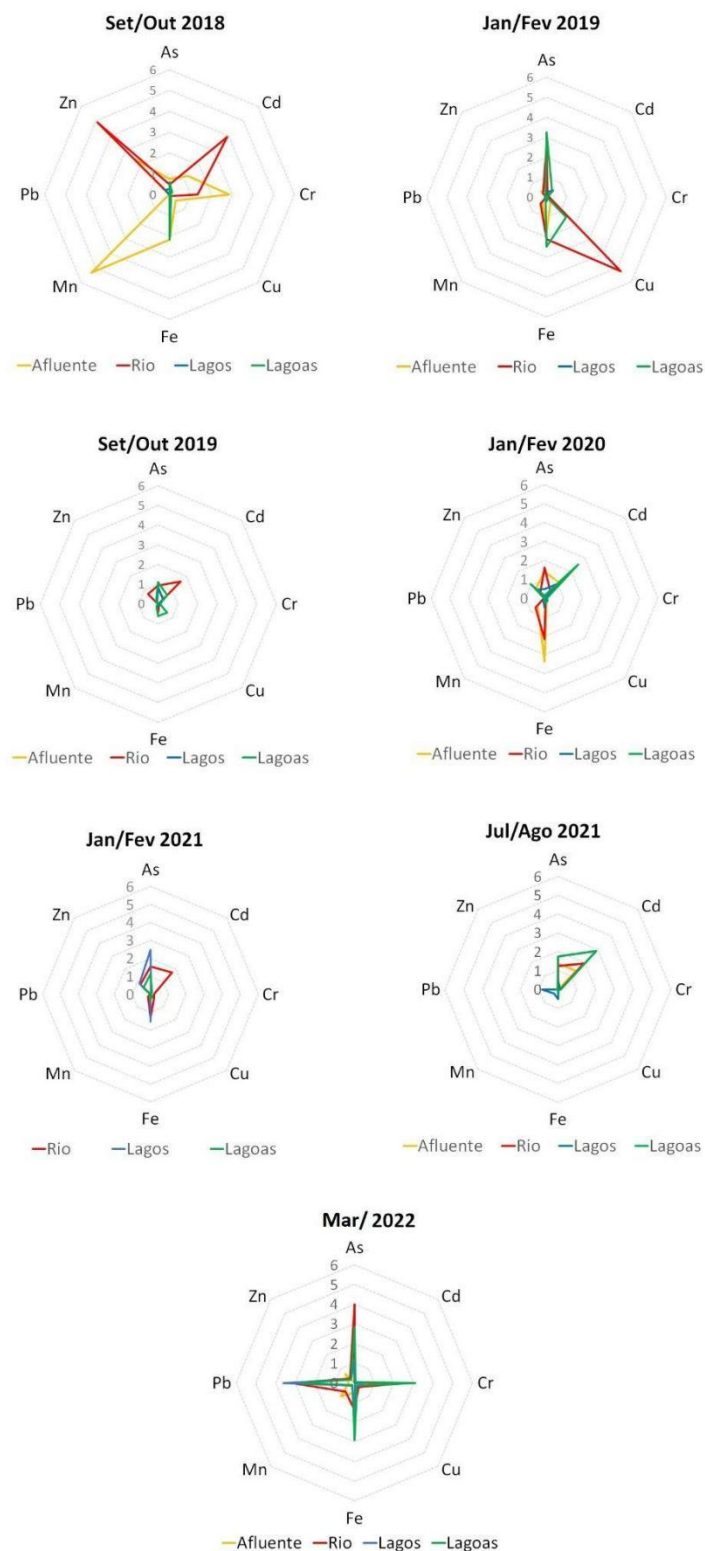


Tabela 1: Concentração média de metais (mg.Kg-1) em amostras de zooplâncton coletadas nos diferentes setores do ambiente dulcícola durante a Campanha 1 (set/out 2018 - período seco), Campanha 2 (jan/fev 2019- período chuvoso), Campanha 3 (set/out 2019- período seco), Campanha 4 (jan/fev 2020 - período chuvoso), Campanha 5 (jan/fev 2021 - período chuvoso), Campanha 6 (jul/ago 2021 – período seco) e Campanha 7 (mar/ 2022 – período chuvoso) do Projeto Ecotoxicologia do PMBA/Fest, comparadas com amostras de zooplâncton coletadas na foz do Rio Doce antes da chegada dos rejeitos oriundos do rompimento da barragem de Fundão (Bianchini, 2019). Concentrações dos metais abaixo dos dados pretéritos estão destacadas em verde, enquanto concentrações acima dos valores pretéritos estão destacadas em vermelho. Classificação por setores: Afluente (RGU-01), Rio (RDO-11, RDO-13, RDO-15 e RDO-16), Lago (LLM-01, LNV-01, LJP-01 e LPA-01) e Lagoa (LAL-01, LMN-01 e LAO-02). Fonte: Bianchini, A. (2019). 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.

Fonte de Dados	Período de coleta	Localidades	Organismo	As	Cd	Cr	Cu	Fe	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	6.6840	0.0053
Dados PMBA - Fest/RRDM (Ecotoxicologia)	Campanha 1 (set/out 2018)	Afluente	Zooplâncton	0.1936	0.1073	5.1478	2.2843	123.5623	124.6489	0.0731
		Rio Doce		0.1225	0.1585	0.0253	0.0985	306.1952	0.4602	0.0455
		Lagos		0.0198	0.0187	0.0315	0.1906	14.1911	0.9178	0.0890
		Lagoas		0.1440	0.0256	0.0762	1.1130	229.4271	1.1148	0.0956
	Campanha 2 (jan/fev 2019)	Afluente	Zooplâncton	0.0218	0.0301	0.2721	3.2772	107.3269	20.2887	0.0141
		Rio Doce		0.5198	0.0203	0.0347	55.5461	198.5319	41.1916	0.0227
		Lagos		0.0333	0.0487	0.0490	0.1974	14.7858	2.4845	0.0160
		Lagoas		0.4786	0.0427	0.0079	10.3561	265.6681	8.7931	0.1698
	Campanha 3 (set/out 2019)	Afluente	Zooplâncton	0.0198	0.0694	0.0162	0.3840	27.2844	4.6578	0.0140
		Rio Doce		0.1333	0.2177	0.0534	0.5669	50.0551	3.1173	0.0090
		Lagos		0.1415	0.0452	0.0212	0.2687	12.9926	1.2878	0.0216
		Lagoas		0.1369	0.0641	0.2523	6.9925	48.2001	12.3412	0.0119
	Campanha 4 (jan/fev 2020)	Afluente	Zooplâncton	0.0413	0.1461	0.0347	0.8164	224.5134	42.8602	0.0819
		Rio Doce		0.1641	0.0412	0.6008	0.5174	143.1363	52.0499	0.1057
		Lagos		0.0821	0.1353	0.0491	0.5448	40.6039	10.3113	0.0243
		Lagoas		0.0263	0.1680	0.2923	1.4917	17.7705	2.3541	0.0051
		Afluente	Zooplâncton	0.2298	0.0138	0.0501	0.2265	75.2044	1.9800	0.0861

Fonte de Dados	Período de coleta	Localidades	Organismo	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Pb
	Campanha 5 (jan/fev 2021)	Rio Doce		0.2879	0.1438	0.4972	2.2510	87.0017	14.8098	0.0213
		Lagos		0.1290	0.0205	0.0358	0.6341	20.4479	7.0374	0.0573
		Lagoas		0.0851	0.0292	0.0310	1.5755	9.8632	1.0453	0.0264
	Campanha 6 (jan/fev 2021)	Afluentes	Zooplâncton	0.1835	0.1157	0.0463	0.0500	1.4796	0.1183	0.1784
		Rio Doce		0.1534	0.1535	0.2508	0.2840	1.2162	0.2770	0.2211
		Lagos		0.0719	0.0208	0.1409	0.3441	22.6193	12.6890	1.2953
	Campanha 7 (mar/ 2022)	Lagoas	Zooplâncton	0.2464	0.2513	0.2394	0.5129	11.9390	0.2645	0.3801
		Afluentes		0.0050	0.0140	3.9060	0.9089	31.6494	61.2347	0.5453
		Rio Doce		0.5661	0.0108	5.0498	1.6957	85.2499	40.6163	11.6955
		Lagos		0.1504	0.0151	1.3972	0.4293	147.9425	13.4954	11.3352
		Lagoas		0.4362	0.0158	1.2212	0.9551	148.5089	12.5587	13.4984



Figura 5: Análise de Componentes Principais aplicada para os dados de concentração de Alumínio (Al), Arsênio (As), Cádmio (Cd), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Mercúrio (Hg), Manganês (Mn), Níquel (Ni), Chumbo (Pb) e Zinco (Zn) em brânquias (\_b) e hepatopâncreas (\_h) de camarões coletados nas estações amostrais dulcícolas durante a Campanha 7 (período chuvoso, mar/2022). Código dos pontos amostrais: Rio Guandú (RGU-01), Lago Nova (LNV-01), Lago do Limão (LLM-01), Lago Juparanã (LJP-01), Lago Palmas (LPA-01), Lagoa do Areal (LAL-01), Lagoa Monsarás (LMN-01), Rio Doce em Baixo Guandú (RDO-11), Rio Doce em Colatina (RDO-13), Rio Doce em Linhares (RDO-15) e foz do Rio Doce (RDO-16). Classificação por setores: Afluente (RGU-01), Rio (RDO-11, RDO-13, RDO-15 e RDO-16), Lago (LLM-01, LNV-01, LJP-01 e LPA-01) e Lagoa (LAL-01 e LMN-01).

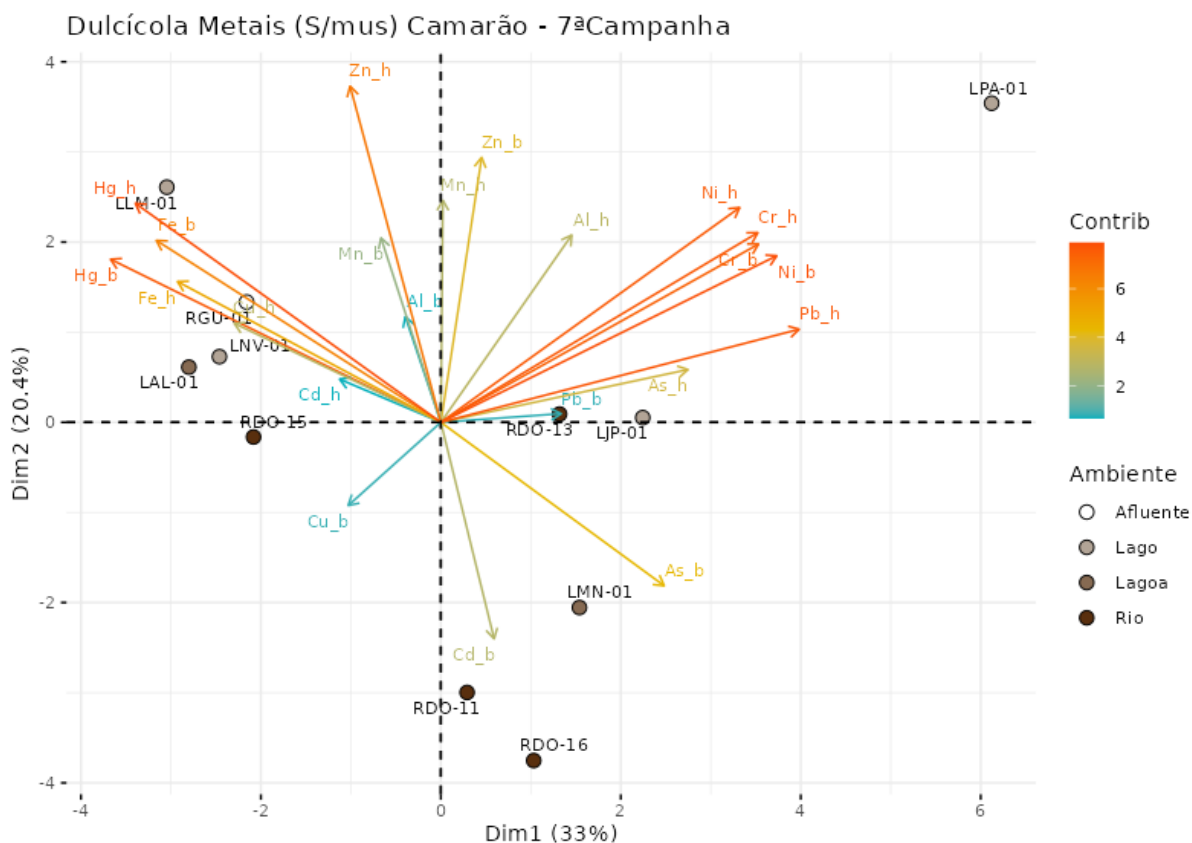




Figura 6: Análise de Componentes Principais aplicada para os dados de concentração de Alumínio (Al), Arsênio (As), Cádmio (Cd), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Mercúrio (Hg), Manganês (Mn), Níquel (Ni), Chumbo (Pb) e Zinco (Zn) em brânquias (\_b) e hepatopâncreas (\_h) de peixes do grupo trófico I (herbívoros/onívoros) coletados nas estações amostrais dulcícolas durante a Campanha 7 (período chuvoso, mar/2022). Código dos pontos amostrais: Rio Guandú (RGU-01), Lago Nova (LNV-01), Lago do Limão (LLM-01), Lago Juparanã (LJP-01), Lago Palmas (LPA-01), Lagoa do Areal (LAL-01), Lagoa Monsarás (LMN-01), Rio Doce em Baixo Guandú (RDO-11), Rio Doce em Colatina (RDO-13), Rio Doce em Linhares (RDO-15) e foz do Rio Doce (RDO-16). Classificação por setores: Afluente (RGU-01), Rio (RDO-11, RDO-13, RDO-15 e RDO-16), Lago (LLM-01, LNV-01, LJP-01 e LPA-01) e Lagoa (LAL-01 e LMN-01).

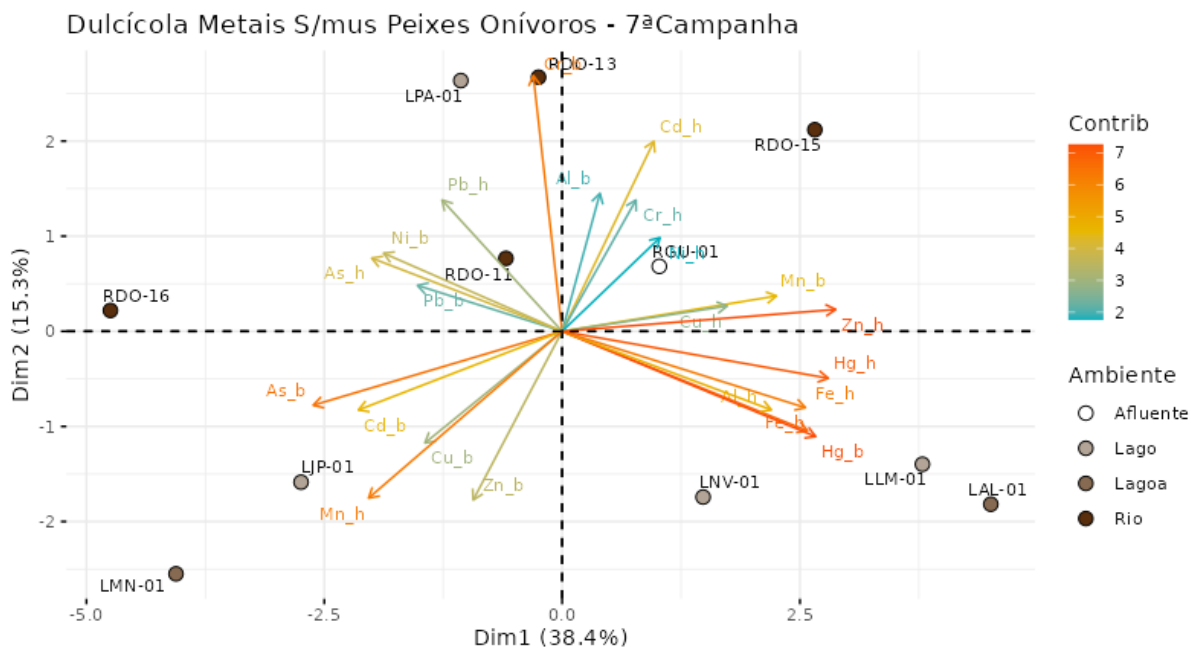


Figura 7: Análise de Componentes Principais aplicada para os dados de concentração de Alumínio (Al), Arsênio (As), Cádmio (Cd), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Mercúrio (Hg), Manganês (Mn), Níquel (Ni), Chumbo (Pb) e Zinco (Zn) em brânquias (\_b) e hepatopâncreas (\_h) de peixes do grupo trófico II (carnívoros) coletados nas estações amostrais dulcícolas durante a Campanha 7 (período chuvoso, mar/2022). Código dos pontos amostrais: Rio Guandú (RGU-01), Lago Nova (LNV-01), Lago do Limão (LLM-01), Lago Juparanã (LJP-01), Lago Palmas (LPA-01), Lagoa do Areal (LAL-01), Lagoa Monsarás (LMN-01), Rio Doce em Baixo Guandú (RDO-11), Rio Doce em Colatina (RDO-13), Rio Doce em Linhares (RDO-15) e foz do Rio Doce (RDO-16). Classificação por setores: Afluente (RGU-01), Rio (RDO-11, RDO-13, RDO-15 e RDO-16), Lago (LLM-01, LNV-01, LJP-01 e LPA-01) e Lagoa (LAL-01 e LMN-01).

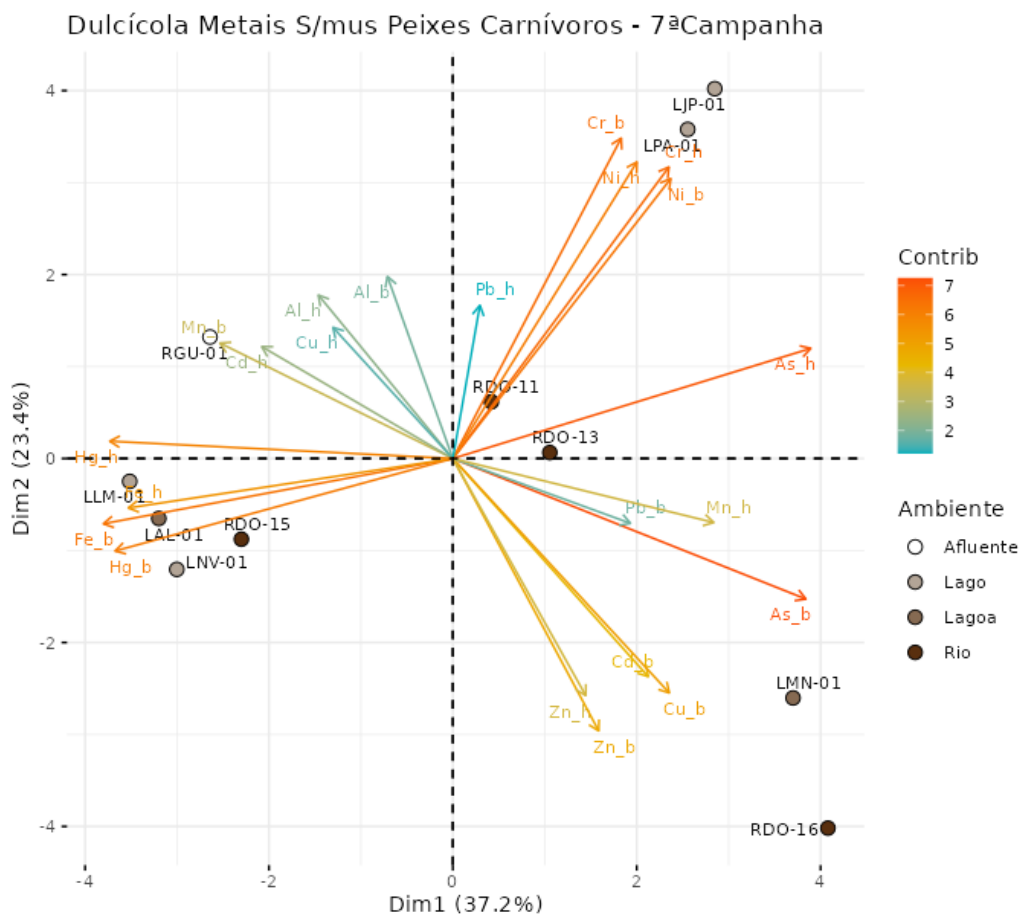


Figura 8: Análise de Componentes Principais aplicada para os biomarcadores de lipoperoxidação (LPO) e concentração de metalotioneínas (MT) no fitoplâncton (\_f) e zooplâncton (\_z) coletados nas estações amostrais do ambiente dulcícola e estuário durante a Campanha 7 (período chuvoso, mar 2022). Os símbolos representam os indivíduos utilizados na análise categorizados por localidade. Código dos pontos amostrais: Rio Guandu (RGU-01), Lago do Limão (LLM-01), Lago Nova (LNV-01), Lago Juparanã (LJP-01), Lago Palmas (LPA), Lagoa do Areal (LAL-01), Lagoa Monsarás (LMN-01), Rio Doce em Baixo Guandu (RDO-11), Rio Doce em Colatina (RDO-13), Rio Doce em Linhares (RDO-15) e foz do Rio Doce (RDO-16). Classificação por setores: Afluente (RGU-01), Rio (RDO-11, RDO-13 e RDO-15), Lago (LLM-01, LNV-01, LJP-01 e LPA-01) e Lagoa (LAL-01).

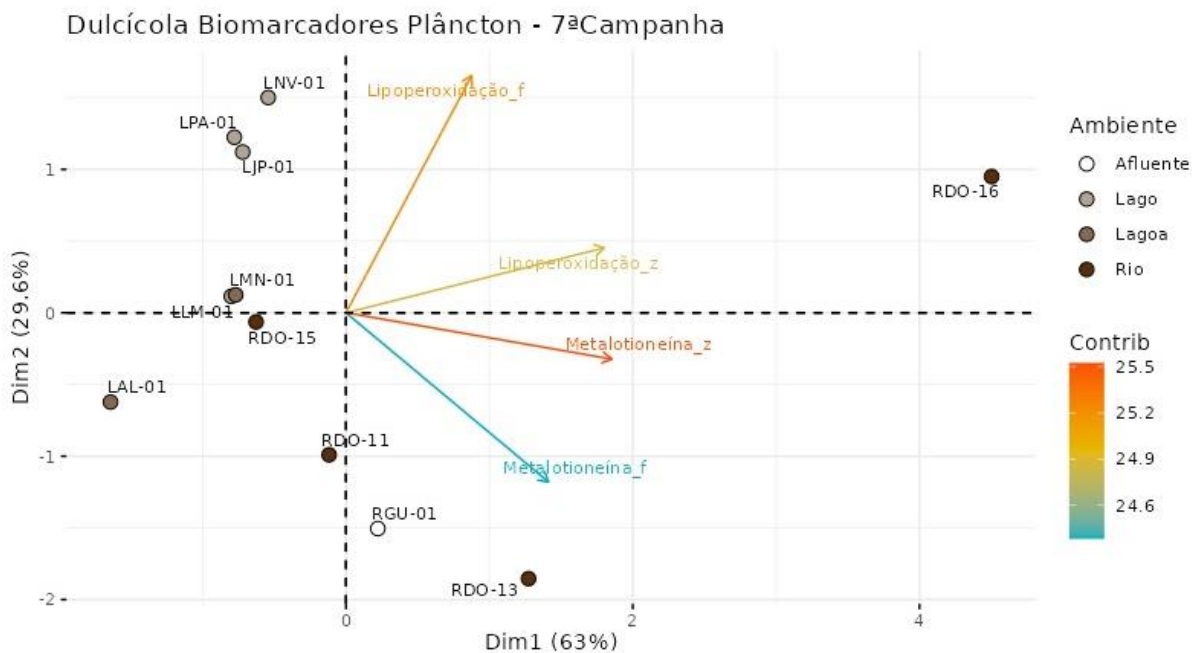


Figura 9: Valores médios do Índice de Resposta Biológica (IBR biomarcador) no plâncton (fitoplâncton e zooplâncton) coletado na malha amostral do ambiente dulcícola durante a Campanha 1 (set/out 2018 – estação seca), Campanha 2 (jan/fev 2019 – estação chuvosa), Campanha 3 (set/out 2019 – estação seca), Campanha 4 (jan/fev 2020 – estação chuvosa), Campanha 5 (jan/fev 2021 – estação chuvosa), Campanha 6 (jul/ago 2021 – estação seca) e Campanha 7 (mar 2022 – estação chuvosa). Classificação por setores: Afluente (RGU-01), Rio (RDO-11, RDO-13 e RDO-15), Lago (LLM-01, LNV-01, LJP-01 e LPA-01) e Lagoa (LAL-01).

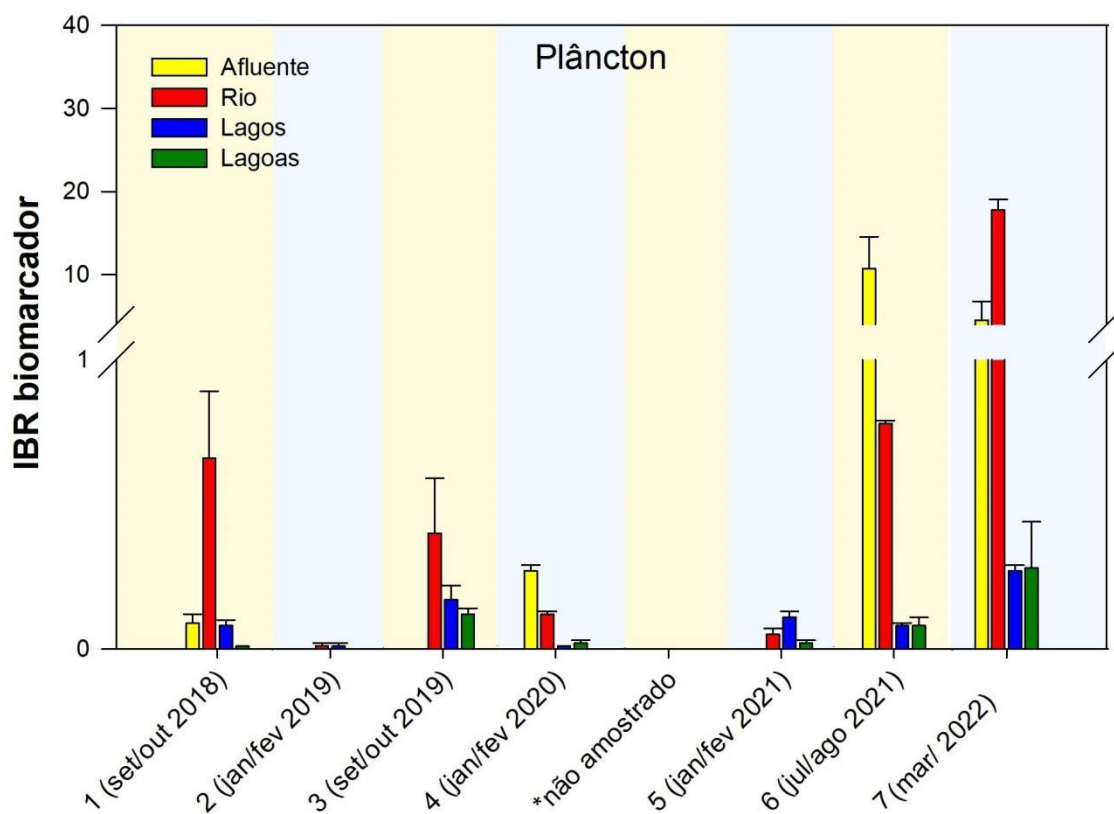


Figura 10: Gráficos de radar obtidos a partir do Índice de Resposta Biológica (IBR biomarcador) no plâncton (fitoplâncton e zooplâncton) coletado na malha amostral do ambiente dulcícola (Afluente: RGU-01; Rio: RDO-11, RDO-13; RDO-15 e RDO-16; Lagos: LLM-01; LPA; LJP-01 e LNV-01; Lagoas: LAL-01 e LMN-01) 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), Campanha 6 (jul/ago 2021 – estação seca) e Campanha 7 (mar 2022 – estação chuvosa) mostrando a variação espaço temporal de cada biomarcador e contribuição destes para a composição do índice. Classificação por setores: Afluente (RGU-01), Rio (RDO-11, RDO-13 e RDO-15), Lago (LLM-01, LNV-01, LJP-01 e LPA-01) e Lagoa (LAL-01).

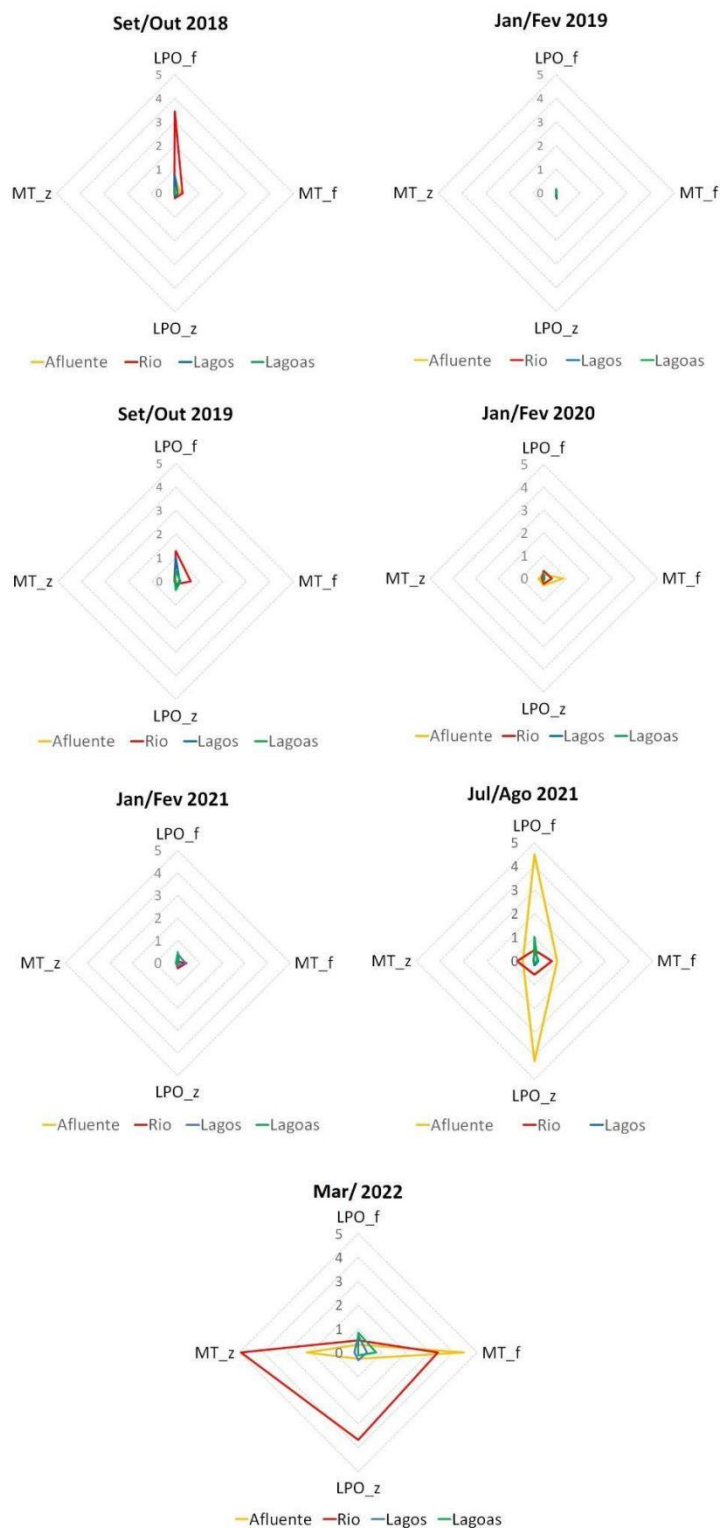


Figura 11: Análise de Componentes Principais aplicada para os biomarcadores lipoperoxidação (LPO) nas brânquias (LPO\_b) e no hepatopâncreas (LPO\_h, concentração de metalotioneínas no hepatopâncreas (MT\_h), oxidação de proteínas no músculo (PCO), atividade da Na<sup>+</sup>,K<sup>+</sup>-ATPase nas brânquias (NKA\_b) e dano no DNA em hemócitos (AP) em camarões coletados durante a Campanha 7 (período chuvoso, mar 2022). Os símbolos representam os indivíduos utilizados na análise categorizados por localidade. Código dos pontos amostrais: Rio Guandu (RGU-01), Lago Palmas (LPA-01), Lago do Limão (LLM-01), Lago Nova (LNV-01), Lago Juparanã (LJP-01), Lagoa do Areal (LAL-01), Lagoa Monsarás (LMN-01), Rio Doce em Baixo Guandu (RDO-11), Rio Doce em Colatina (RDO-13), Rio Doce em Linhares (RDO-15) e foz do Rio Doce (RDO-16). Classificação por setores: Afluentes (RGU-01), Rio (RDO-11, RDO-13 e RDO-15), Lago (LLM-01, LNV-01, LJP-01 e LPA-01) e Lagoa (LAL-01).

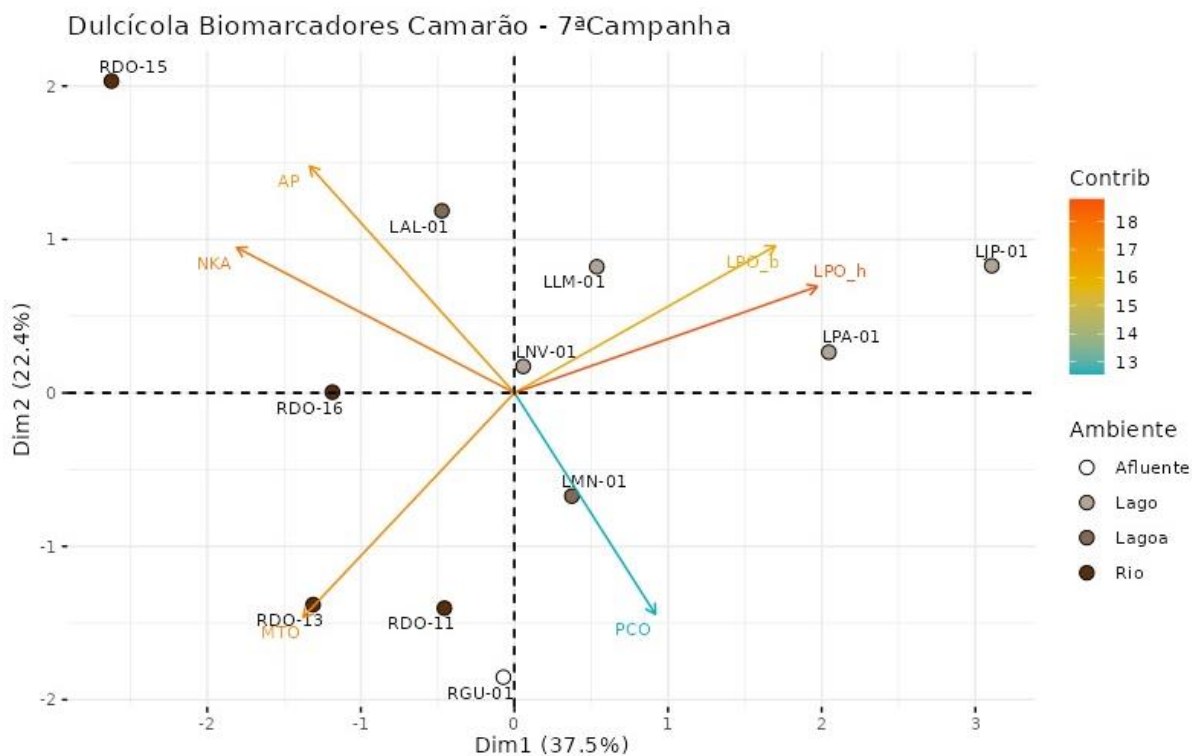


Figura 12: Valores médios do Índice de Resposta Biológica (IBR biomarcador) para camarões coletados na malha amostral do ambiente dulcícola durante a Campanha 1 (set/out 2018 – estação seca), Campanha 2 (jan/fev 2019 – estação chuvosa), Campanha 3 (set/out 2019 – estação seca), Campanha 4 (jan/fev 2020 – estação chuvosa), Campanha 5 (jan/fev 2021 – estação chuvosa), Campanha 6 (jul/ago 2021 – estação seca) e Campanha 7 (mar 2022 – estação chuvosa). Classificação por setores: Afluente (RGU-01), Rio (RDO-11, RDO-13, RDO-15 e RDO-16), Lagos (LLM-01, LNV-01, LJP-01 e LPA-01) e Lagoas (LAL-01, LMN-01 e LAO-02).

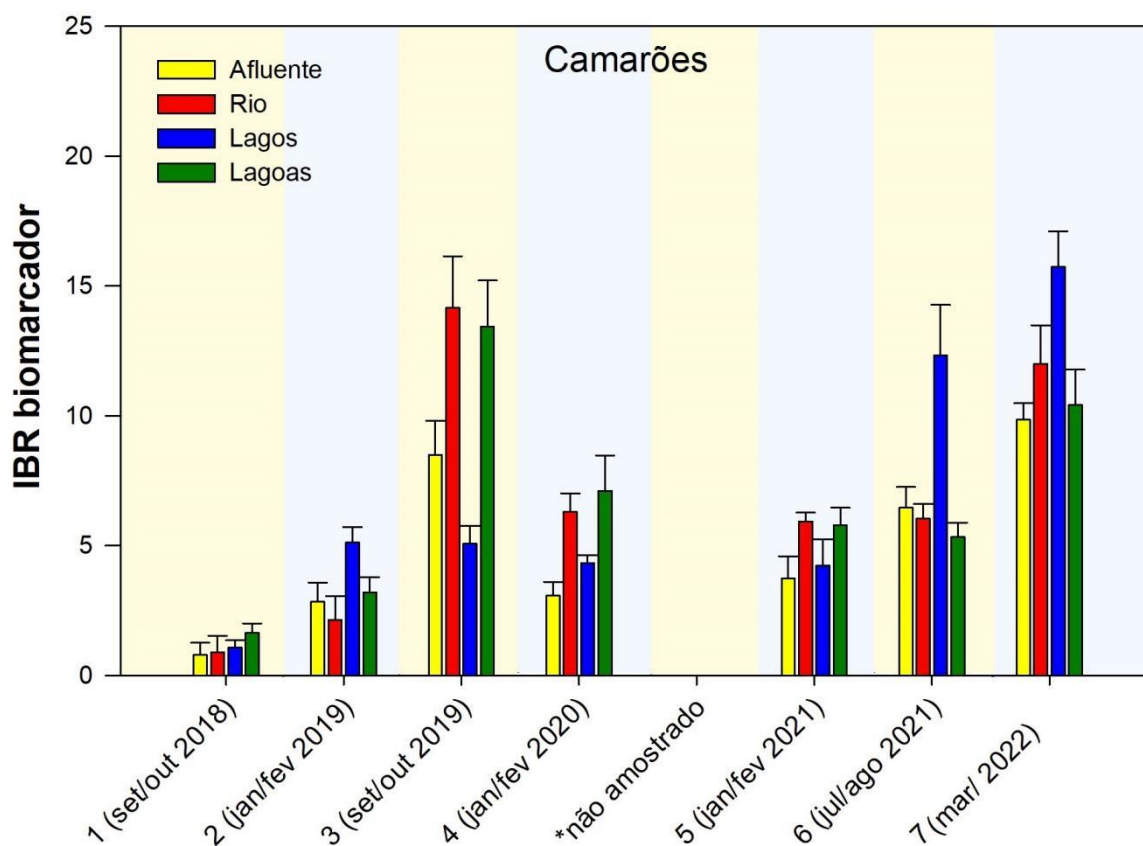




Figura 13: Gráficos de radar obtidos a partir do Índice de Resposta Biológica (IBR biomarcador) para camarões coletados na malha amostral do ambiente dulcícola durante a Campanha 1 (set/out 2018 – estação seca), Campanha 2 (jan/fev 2019 – estação chuvosa), Campanha 3 (set/out 2019 – estação seca), Campanha 4 (jan/fev 2020 – estação chuvosa), Campanha 5 (jan/fev 2021 – estação chuvosa), Campanha 6 (jul/ago 2021 – estação seca) e Campanha 7 (mar 2022 – estação chuvosa), mostrando a variação espaço temporal de cada biomarcador e contribuição destes para a composição do índice. Classificação por setores: Afluente (RGU-01), Rio (RDO-11, RDO-13, RDO-15 e RDO-16), Lagos (LLM-01, LNV-01, LJP-01 e LPA-01) e Lagoas (LAL-01, LMN-01 e LAO-02).

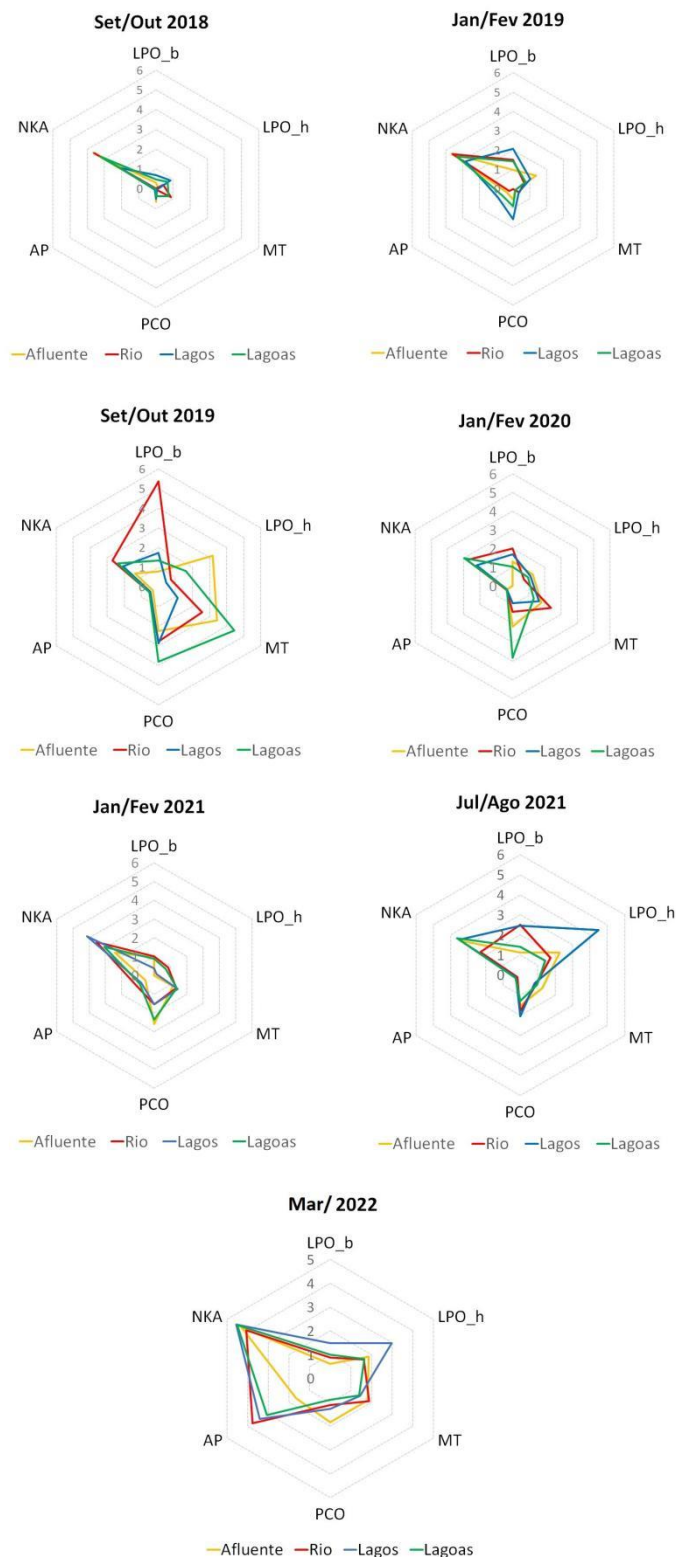


Figura 14: Análise de Componentes Principais aplicada para os biomarcadores lipoperoxidação (LPO) e concentração de metalotioneínas (MT) no fígado, oxidação de proteínas (PCO) no músculo, dano no DNA (AP) no sangue, atividade das enzimas catalase (CAT), lactato desidrogenase (LDH) e malato-desidrogenase (MDH) no fígado (\_f) e brânquias (\_b), e índice de alterações histológicas nas brânquias (IL\_b) e no fígado (IL\_f) de peixes do grupo I (onívoros/herbívoros) coletados durante a Campanha 7 (período chuvoso, mar 2022). Código dos pontos amostrais: Rio Guandu (RGU-01), Lago do Limão (LLM-01), Lago Nova (LNV-01), Lago Juparanã (LJP-01), Lago Palmas (LPA), Lagoa do Areal (LAL-01), Lagoa Monsarás (LMN-01), Rio Doce em Baixo Guandu (RDO-11), Rio Doce em Colatina (RDO-13), Rio Doce em Linhares (RDO-15) e foz do Rio Doce (RDO-16). Classificação por setores: Afluente (RGU-01), Rio (RDO-11, RDO-13, RDO-15 e RDO-16), Lagos (LLM-01, LNV-01, LJP-01 e LPA-01) e Lagoas (LAL-01, LMN-01 e LAO-02).

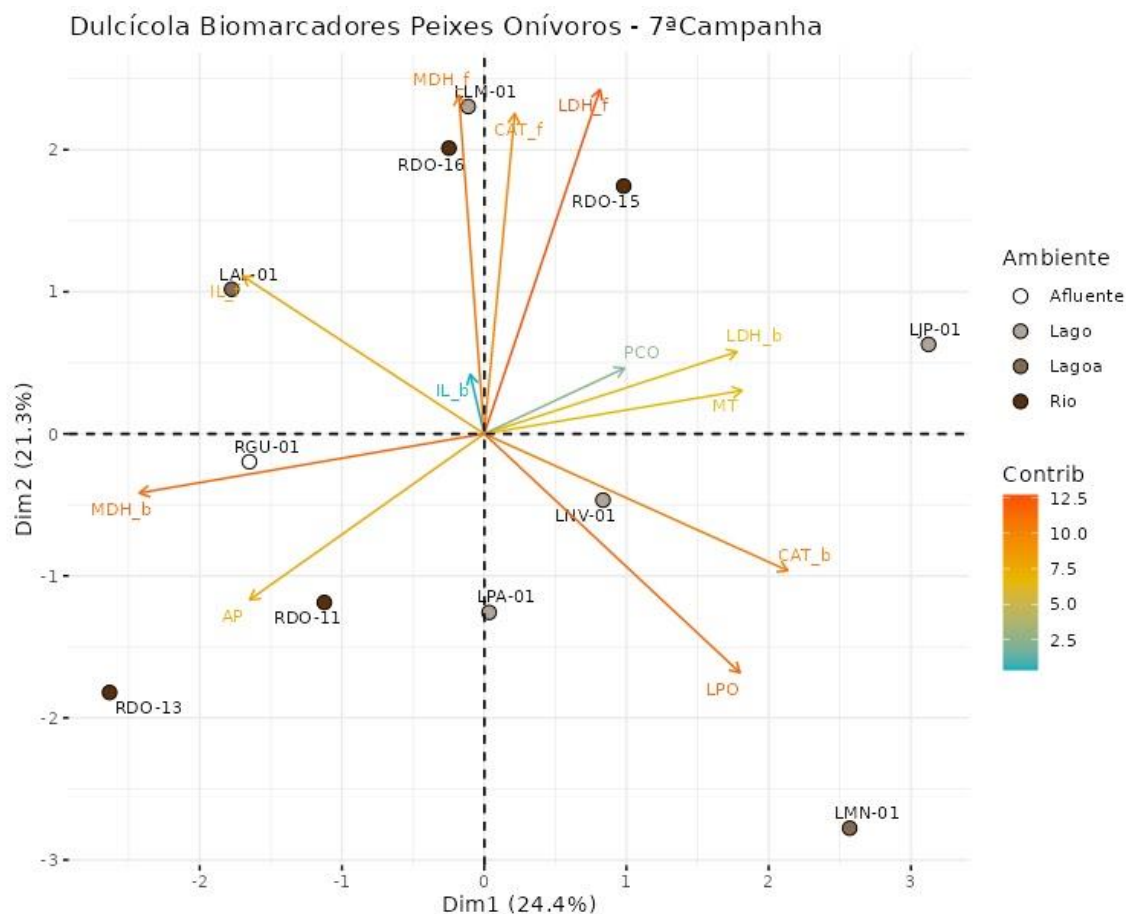


Figura 15: Análise de Componentes Principais aplicada para os biomarcadores lipoperoxidação (LPO) e concentração de metalotioneínas (MT) no fígado, oxidação de proteínas (PCO) no músculo, dano no DNA (AP) no sangue, atividade das enzimas catalase (CAT), lactato desidrogenase (LDH) e malato-desidrogenase (MDH) no fígado (\_f) e brânquias (\_b), e índice de alterações histológicas nas brânquias (IL\_b) e no fígado (IL\_f) de peixes do grupo II (carnívoros) coletados durante a Campanha 7 (período chuvoso, mar 2022). Código dos pontos amostrais: Rio Guandu (RGU-01), Lago do Limão (LLM-01), Lago Nova (LNV-01), Lago Juparanã (LJP-01), Lago Palmas (LPA), Lagoa do Areal (LAL-01), Lagoa Monsarás (LMN-01), Rio Doce em Baixo Guandu (RDO-11), Rio Doce em Colatina (RDO-13), Rio Doce em Linhares (RDO-15) e foz do Rio Doce (RDO-16). Classificação por setores: Afluente (RGU-01), Rio (RDO-11, RDO-13, RDO-15 e RDO-16), Lagos (LLM-01, LNV-01, LJP-01 e LPA-01) e Lagoas (LAL-01, LMN-01 e LAO-02).

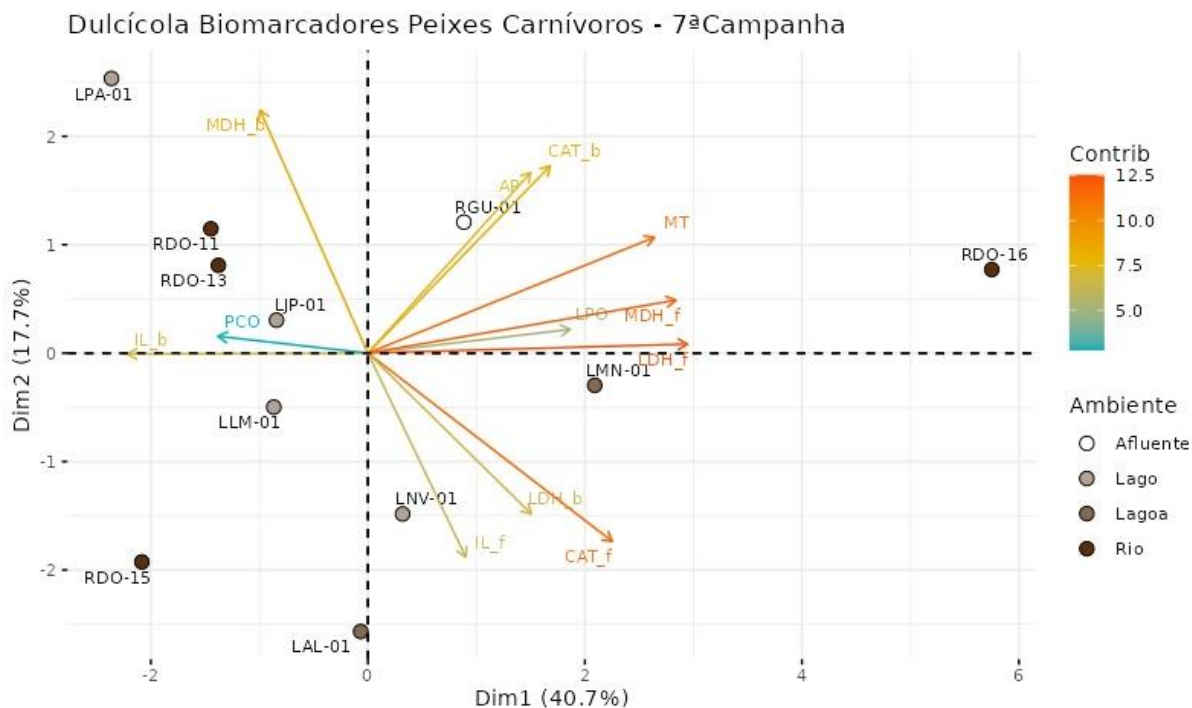


Figura 16: Valores médios do Índice de Resposta Biológica (IBR biomarcador) nos peixes (onívoros / herbívoros e carnívoros) coletados na malha amostral do ambiente dulcícola durante a Campanha 1 (set/out 2018 – estação seca), Campanha 2 (jan/fev 2019 – estação chuvosa), Campanha 3 (set/out 2019 – estação seca), Campanha 4 (jan/fev 2020 – estação chuvosa), Campanha 5 (jan/fev 2021 – estação chuvosa), Campanha 6 (jul/ago 2021 – estação seca) e Campanha 7 (mar 2022 – estação chuvosa). Classificação por setores: Afluente (RGU-01), Rio (RDO-11, RDO-13, RDO-15 e RDO-16), Lagos (LLM-01, LNV-01, LJP-01 e LPA-01) e Lagoas (LAL-01, LMN-01 e LAO-02).

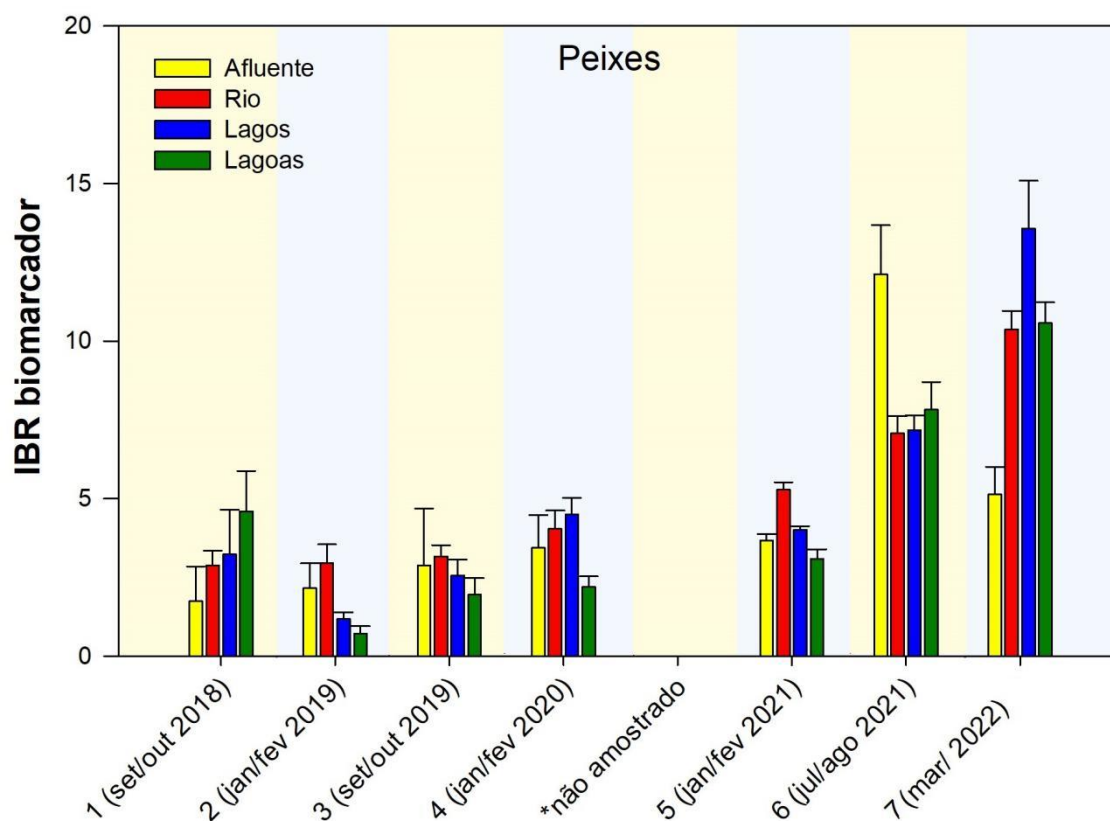


Figura 17: Gráficos de radar obtidos a partir do Índice de Resposta Biológica (IBR biomarcador) nos peixes (onívoros / herbívoros e carnívoros) coletados na malha amostral do ambiente dulcícola durante a Campanha 1 (set/out 2018 – estação seca), Campanha 2 (jan/fev 2019 – estação chuvosa), Campanha 3 (set/out 2019 – estação seca), Campanha 4 (jan/fev 2020 – estação chuvosa), Campanha 5 (jan/fev 2021 – estação chuvosa), Campanha 6 (jul/ago 2021 – estação seca) e Campanha 7 (mar 2022 – estação chuvosa), mostrando a variação espaço temporal de cada biomarcador e contribuição destes para a composição do índice. Classificação por setores: Afluente (RGU-01), Rio (RDO-11, RDO-13, RDO-15 e RDO-16), Lagos (LLM-01, LNV-01, LJP-01 e LPA-01) e Lagoas (LAL-01, LMN-01 e LAO-02).

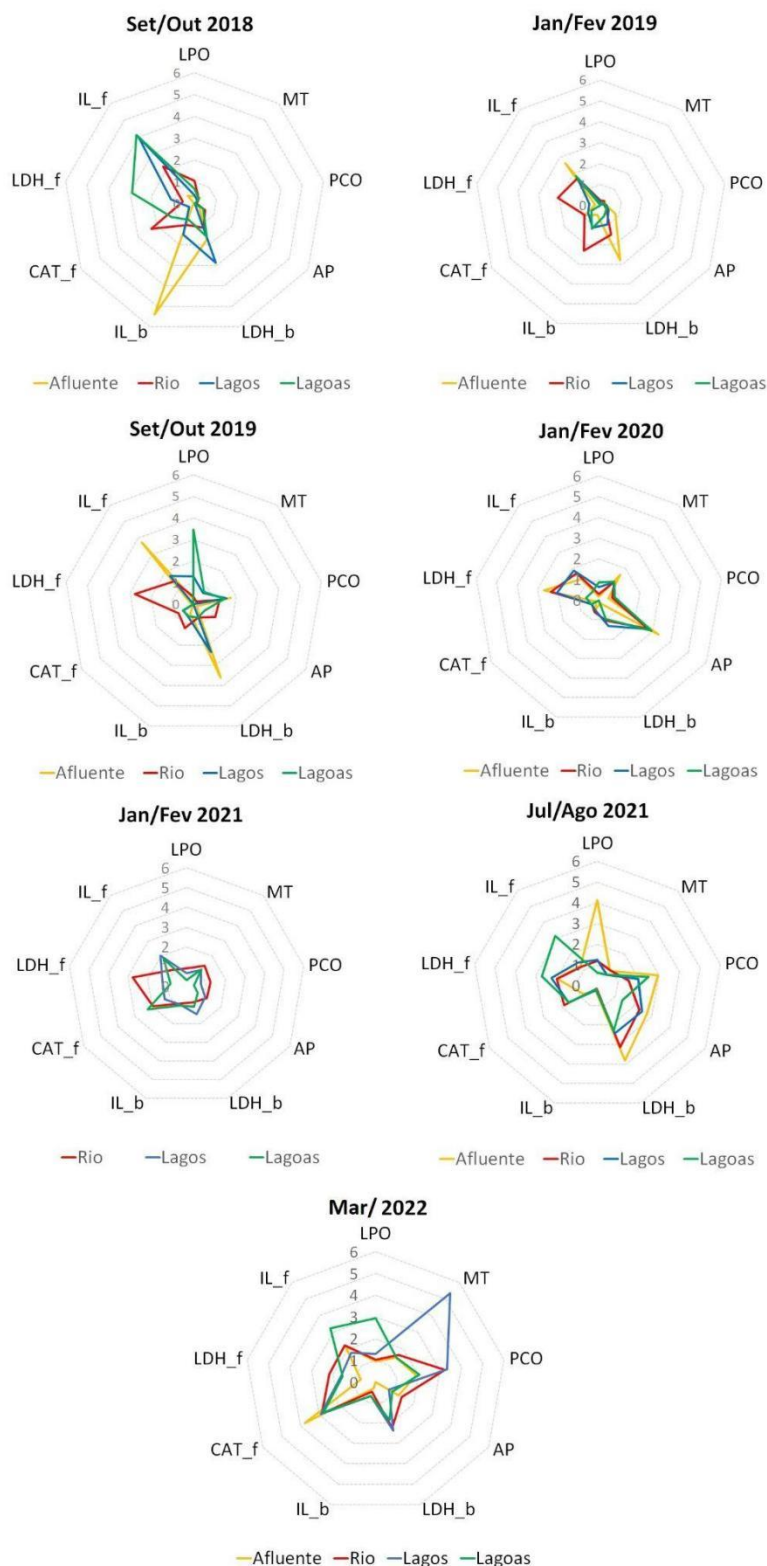


Figura 18: Análise de Componentes Principais aplicada para os dados de concentração dos elementos Alumínio (Al), Arsênio (As), Cádmio (Cd), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Mercúrio (Hg), Manganês (Mn), Níquel (Ni), Chumbo (Pb) e Zinco (Zn) em larvas de quironomídeos coletadas nas estações amostrais do ambiente dulcícola e estuário durante a Campanha 7 (período chuvoso, mar 2022). Os símbolos representam os indivíduos utilizados na análise categorizados por localidade. Código dos pontos amostrais: Rio Guandu (RGU-01), Lago do Limão (LLM-01), Lago Nova (LNV-01), Lago Juparanã (LJP-01), Lago Palmas (LPA), Lagoa Monsarás (LMN-01), Rio Doce em Baixo Guandu (RDO-11), Rio Doce em Colatina (RDO-13) e Rio Doce em Linhares (RDO-15). Classificação por setores: Afluente (RGU-01), Rio (RDO-11, RDO-13, RDO-15 e RDO-16), Lagos (LLM-01, LNV-01, LJP-01 e LPA-01) e Lagoas (LAL-01, LMN-01 e LAO-02).

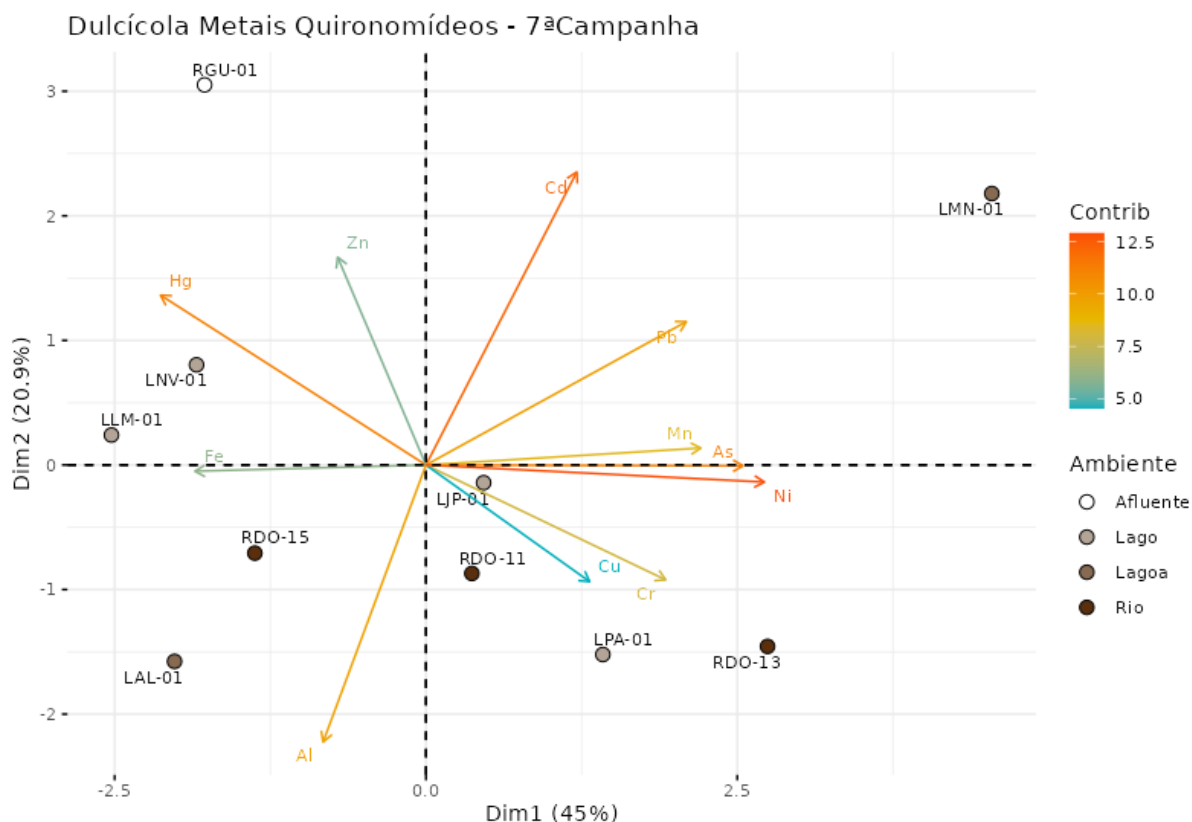


Figura 19: Análise de Componentes Principais aplicada para os dados biomarcadores (lipoperoxidação [LPO] e atividade da  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -ATPase [NKA]) em larvas de quironomídeos coletadas nas estações amostrais do ambiente dulcícola e estuário durante a Campanha 7 (período chuvoso, mar 2022). Os símbolos representam os indivíduos utilizados na análise categorizados por localidade. Código dos pontos amostrais: Rio Guandu (RGU-01), Lago do Limão (LLM-01), Lago Nova (LNV-01), Lago Juparanã (LJP-01), Lago Palmas (LPA), Lagoa Monsarás (LMN-01), Rio Doce em Baixo Guandu (RDO-11), Rio Doce em Colatina (RDO-13) e Rio Doce em Linhares (RDO-15). Classificação por setores: Afluente (RGU-01), Rio (RDO-11, RDO-13, RDO-15 e RDO-16), Lagos (LLM-01, LNV-01, LJP-01 e LPA-01) e Lagoas (LAL-01, LMN-01 e LAO-02).

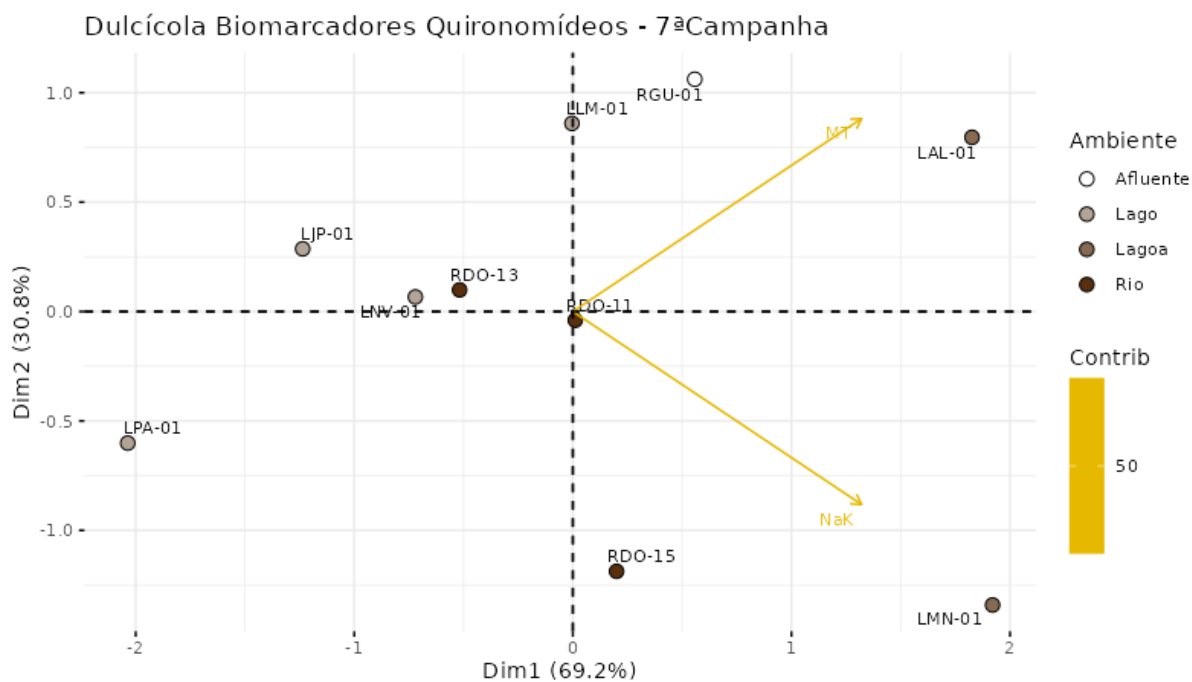




Figura 20: Classificação taxonômica da comunidade microbiológica de amostras de água superficial coletadas na malha amostral dulcícola durante a Campanha 7 (período chuvoso, mar 2022). São mostradas as abundâncias relativas dos gêneros bacterianos mais encontrados, enquanto os menos abundantes são identificados como “Outros”. Código dos pontos amostrais: Rio Guandu (RGU-01), Lago do Limão (LLM-01), Lago Nova (LNV-01), Lago Juparanã (LJP-01), Lago Palmas (LPA), Lagoa do Areal (LAL-01), Lagoa Monsarás (LMN-01), Rio Doce em Baixo Guandu (RDO-11), Rio Doce em Colatina (RDO-13), Rio Doce em Linhares (RDO-15) e foz do Rio Doce (RDO-16).

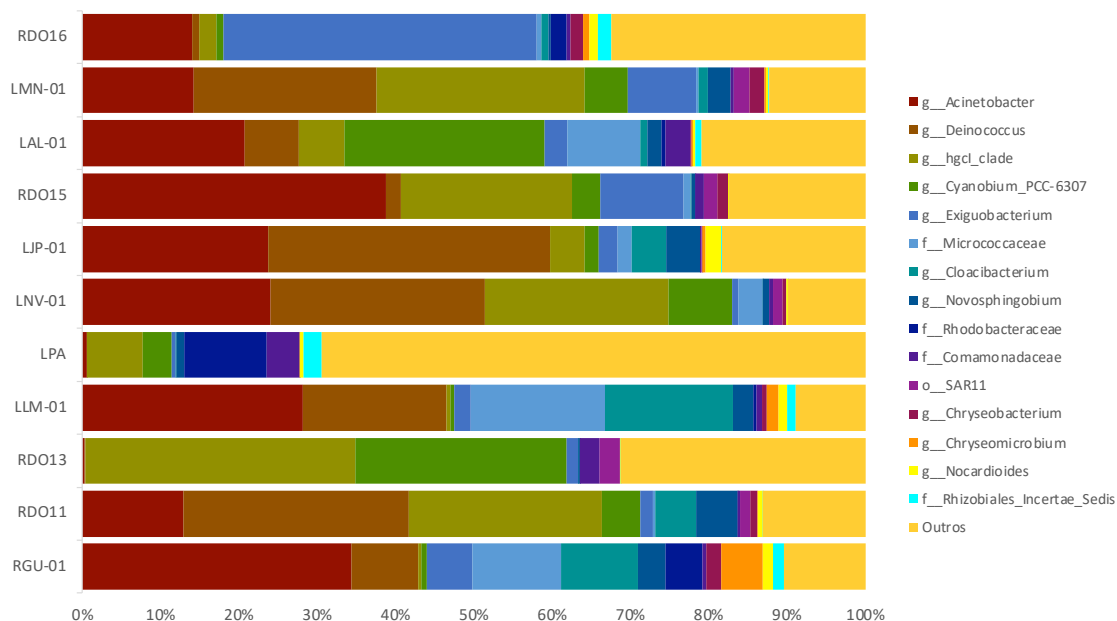


Figura 21: Classificação taxonômica da comunidade microbiológica de amostras de água de fundo coletadas na malha amostral dulcícola durante a Campanha 7 (período chuvoso, mar 2022). São mostradas as abundâncias relativas dos gêneros bacterianos mais encontrados, enquanto os menos abundantes são identificados como "Outros". Código dos pontos amostrais: Rio Guandu (RGU-01), Lago do Limão (LLM-01), Lago Nova (LNV-01), Lago Juparanã (LJP-01), Lago Palmas (LPA), Lagoa do Areal (LAL-01), Lagoa Monsarás (LMN-01), Rio Doce em Baixo Guandu (RDO-11), Rio Doce em Colatina (RDO-13), Rio Doce em Linhares (RDO-15) e foz do Rio Doce (RDO-16).

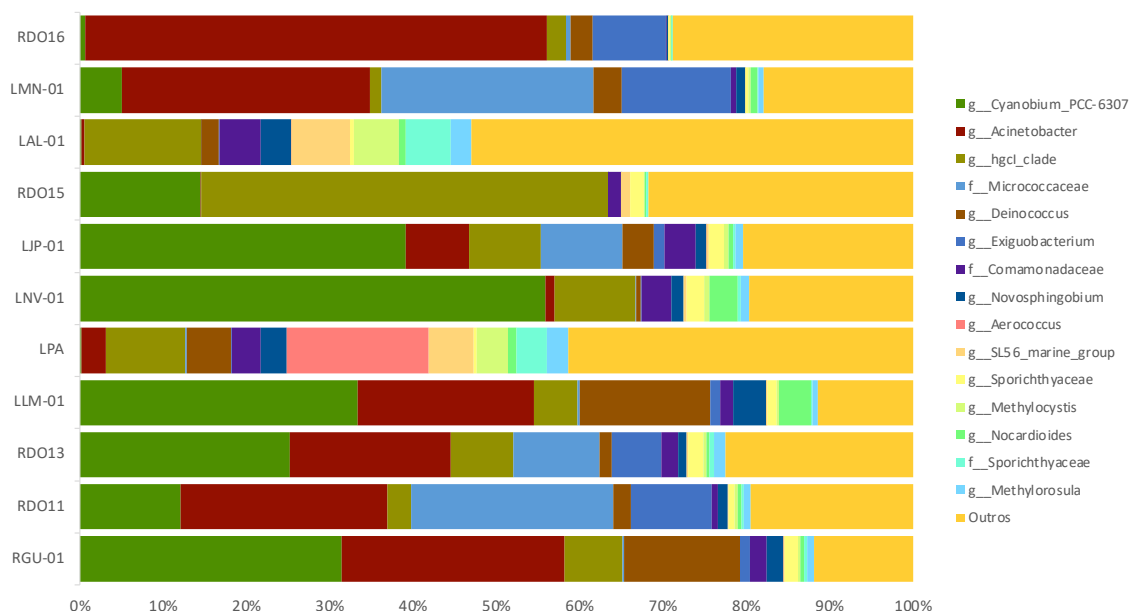


Figura 22: Classificação taxonômica da comunidade microbiológica de amostras de sedimento coletadas na malha amostral dulcícola durante a Campanha 7 (período chuvoso, mar 2022). São mostradas as abundâncias relativas dos gêneros bacterianos mais encontrados, enquanto os menos abundantes são identificados como "Outros". Código dos pontos amostrais: Rio Guandu (RGU-01), Lago do Limão (LLM-01), Lago Nova (LNV-01), Lago Juparanã (LJP-01), Lago Palmas (LPA), Lagoa do Areal (LAL-01), Lagoa Monsarás (LMN-01), Rio Doce em Baixo Guandu (RDO-11), Rio Doce em Colatina (RDO-13), Rio Doce em Linhares (RDO-15) e foz do Rio Doce (RDO-16).

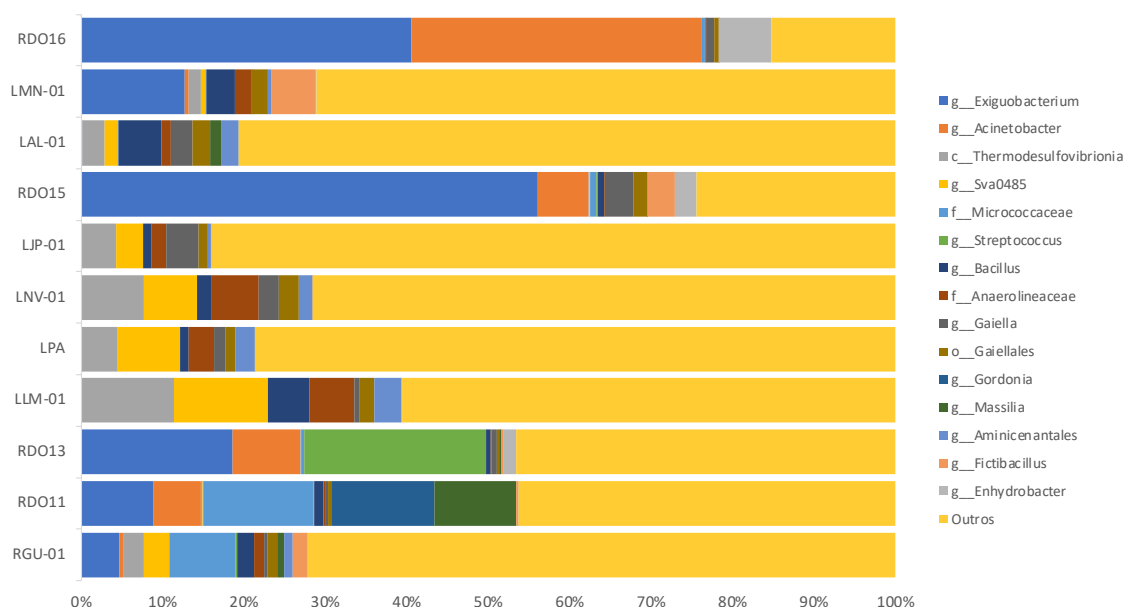


Figura 23: Ordenação gerada por Análise de Componentes Principais (PCA) da comunidade microbiana presente nas amostras de água superficial coletadas na malha amostral dulcícola durante a Campanha 7 (período chuvoso, mar 2022). Código dos pontos amostrais: Rio Guandu (RGU-01), Lago do Limão (LLM-01), Lago Nova (LNV-01), Lago Juparanã (LJP-01), Lago Palmas (LPA), Lagoa do Areal (LAL-01), Lagoa Monsarás (LMN-01), Rio Doce em Baixo Guandu (RDO-11), Rio Doce em Colatina (RDO-13), Rio Doce em Linhares (RDO-15) e foz do Rio Doce (RDO-16).

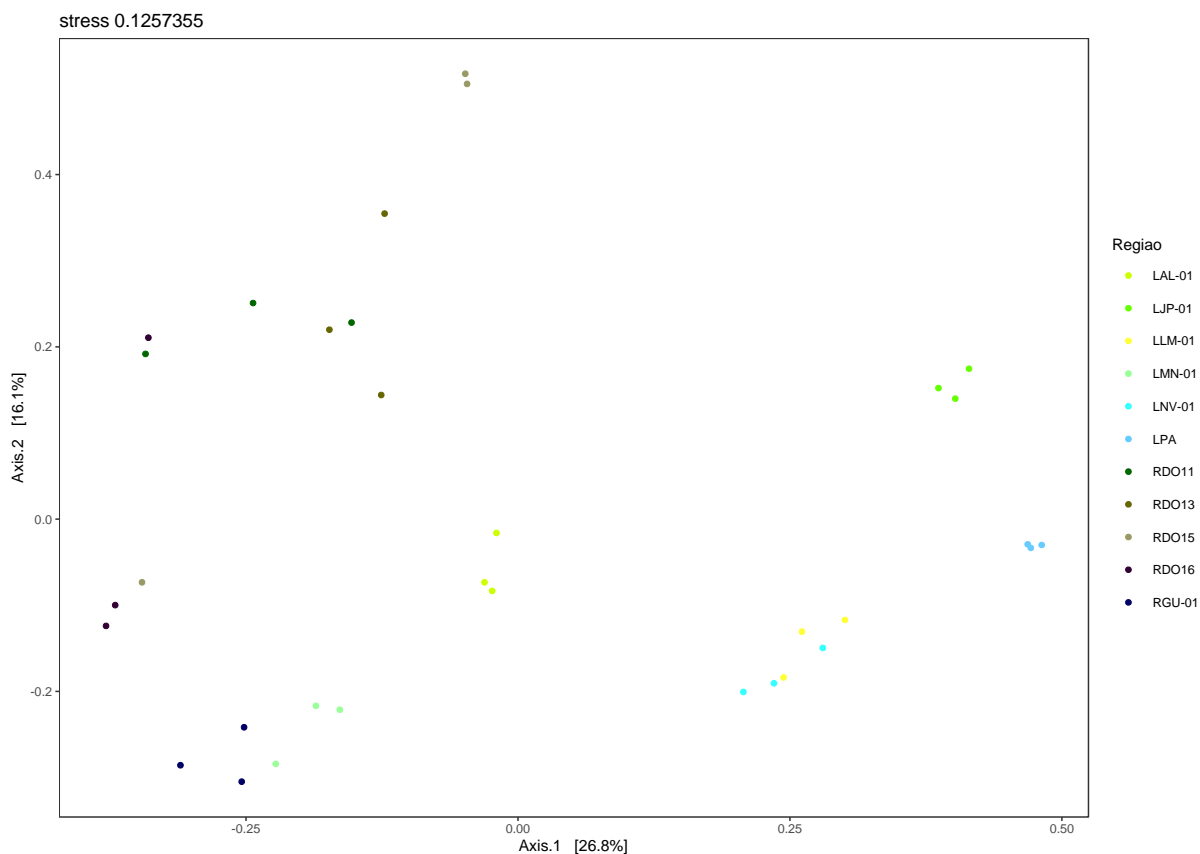


Figura 24: Ordenação gerada por Análise de Componentes Principais (PCA) da comunidade microbiológica presente nas amostras de água de fundo coletadas na malha amostral dulcícola durante a Campanha 7 (período chuvoso, mar 2022). Código dos pontos amostrais: Rio Guandu (RGU-01), Lago do Limão (LLM-01), Lago Nova (LNV-01), Lago Juparanã (LJP-01), Lago Palmas (LPA), Lagoa do Areal (LAL-01), Lagoa Monsarás (LMN-01), Rio Doce em Baixo Guandu (RDO-11), Rio Doce em Colatina (RDO-13), Rio Doce em Linhares (RDO-15) e foz do Rio Doce (RDO-16).

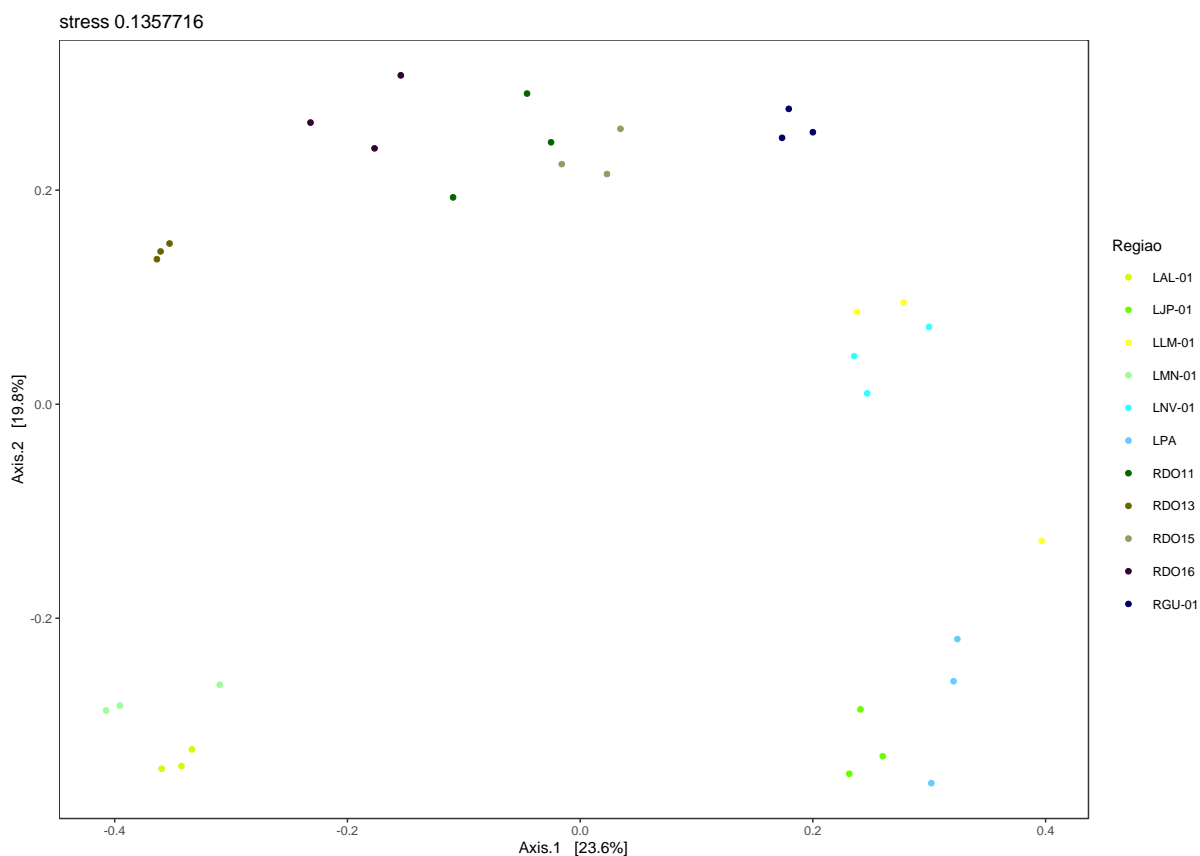


Figura 25: Ordenação gerada por Análise de Componentes Principais (PCA) da comunidade microbiológica presente nas amostras de sedimento coletadas na malha amostral dulcícola durante a Campanha 7 (período chuvoso, mar 2022). Código dos pontos amostrais: Rio Guandu (RGU-01), Lago do Limão (LLM-01), Lago Nova (LNV-01), Lago Juparanã (LJP-01), Lago Palmas (LPA), Lagoa do Areal (LAL-01), Lagoa Monsarás (LMN-01), Rio Doce em Baixo Guandu (RDO-11), Rio Doce em Colatina (RDO-13), Rio Doce em Linhares (RDO-15) e foz do Rio Doce (RDO-16).

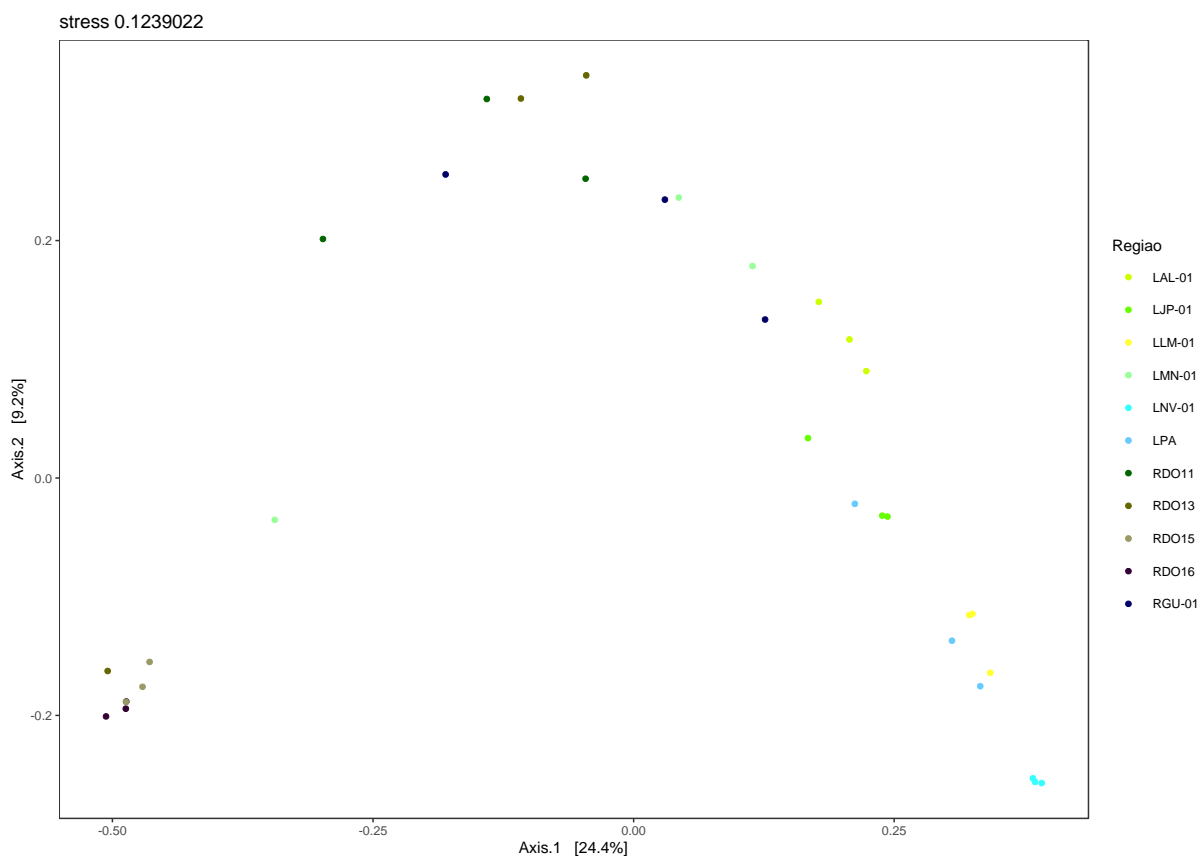


Tabela 2: Resultados dos ensaios de toxicidade realizados com amostras de água e sedimento coletadas na malha amostral dulcícola durante a Campanha 7 (período chuvoso, mar 2022) do Projeto Ecotoxicologia do PMBA/Fest. Os resultados estão expressos como percentual da amostra-teste que causou toxicidade. Dos ensaios com sedimento, apenas o ensaio com *Hyalella* spp foi realizado com sedimento total, os demais foram realizados com elutriado, portanto, para *Hyalella* spp, o resultado está expresso como tóxico ou não-tóxico. Código dos pontos amostrais: Rio Guandu (RGU-01), Rio Doce em Baixo Guandu (RDO-11), Rio Doce em Colatina (RDO-13) e foz do Rio Doce (RDO-16).

Ensaio de toxicidade aguda e crônica – água e sedimento do Rio Doce									
Ensaio	Campanha	RGU-01 água	RGU-01 sedimento	RDO-11 água	RDO-11 sedimento	RDO-13 água	RDO-13 sedimento	RDO-16 água	RDO-16 sedimento
<i>R. subcapitata</i> (ABNT NBR 12648)	Março de 2022	CENO: >100%	CENO: >100%	CENO: >100%	CENO: >100%	CENO: >100%	CENO: >100%	CENO: >100%	CENO: >100%
		CI50: NE	CI50: NE	CI50: NE	CI50: NE	CI50: NE	CI50: NE	CI50: NE	CI50: NE
<i>C. dubia</i> (ABNT NBR 13373 - ensaio semicrônico)	Março de 2022	CENO: >100%	CENO: 6,25% CEO: 12,5%	CENO: >100%	CENO: >100%	CENO: >100%	CENO: 25% CEO: 50%	CENO: >100%	CENO: 25% CEO: 50%
		CL50: NE	CL50: NE	CL50: NE	CL50: NE	CL50: NE	CL50: NE	CL50: NE	CL50: NE
<i>D. magna</i> (ABNT NBR 12713 - ensaio agudo)	Março de 2022	CENO: >100%	CENO: >100%	CENO: >100%	CENO: >100%	CENO: >100%	CENO: >100%	CENO: >100%	CENO: >100%
		CL50: NE	CL50: NE	CL50: NE	CL50: 42%	CL50: NE	CL50: NE	CL50: NE	CL50: NE
<i>D. rerio</i> larva (ABNT NBR 15499)	Março de 2022	VCEST: NE	VCEST: NE	VCEST: NE	VCEST: NE	VCEST: NE	VCEST: NE	VCEST: NE	VCEST: NE

Ensaio de toxicidade aguda e crônica – água e sedimento do Rio Doce

Ensaio	Campanha	RGU-01 água	RGU-01 sedimento	RDO-11 água	RDO-11 sedimento	RDO-13 água	RDO-13 sedimento	RDO-16 água	RDO-16 sedimento
<i>D. rerio</i> adulto (ABNT NBR 15088)	Março de 2022	CENO: >100%	CENO: >100%	CENO: >100%	CENO: >100%	CENO: >100%	CENO: >100%	CENO: >100%	CENO:>100%
<i>Hyalella spp</i> (ABNT NBR 15470)	Março de 2022	NA	NT	NA	NT	NA	NT	NA	NT

Legenda: NE: não estimável (quando não foi possível calcular o valor de toxicidade, mas a análise se apresentou consistente); CL50: concentração mediana que causa 50% de inibição no crescimento ou reprodução dos indivíduos; CL50: concentração letal mediana para 50% dos indivíduos; CE50: concentração mediana que causa efeito em 50% dos indivíduos; CENO: concentração de efeito não observado; CEO: concentração de efeito observado; VCEST: valor crônico estimado ( $CL_{15} * 0,3$ , sendo que a CL15 corresponde a concentração letal mediana para 15% dos indivíduos); NA: não se aplica (quando o teste não é aplicável para a matriz); NT: não-tóxico; T: tóxico. Quando CENO for > 100, o valor de CEO não pode ser estimado, portanto, não é referenciado na Tabela. Para o ensaio crônico com *D. magna*, o valor de CEO representa redução estatisticamente significativa ( $p > 0,05$ ) do número de neonatos dos organismos expostos à amostras-teste com relação ao controle (resultado relativo à reprodução). A classificação como tóxico no ensaio com *Hyalella spp* representa redução estatisticamente significativa na sobrevivência dos organismos ( $p > 0,05$ ); enquanto a classificação não-tóxico é atribuída quando não há diferença estatística, sempre em relação ao controle. O método estatístico usado para detectar diferenças significantes entre os grupos foi ANOVA de uma via com teste a posteriori de Dunnett's ( $p < 0,05$ ). Valores de CL50 foram estimados pelo software Trimmed Spearman Karber (TSK) e CL15 calculado no Graphpad.



Tabela 3: Resultados e classificação dos ensaios de toxicidade com organismos de diferentes níveis da cadeia trófica, realizados com amostras de água e sedimento coletadas na malha amostral dulcícola durante a Campanha 7 (período chuvoso, mar 2022) do Projeto Ecotoxicologia do PMBA/Fest. O valor de toxicidade foi calculado considerando a unidade tóxica (UT) e os índices baseados na severidade da resposta observada e sensibilidade dos organismos testados. Código dos pontos amostrais: Rio Guandu (RGU-01), Rio Doce em Baixo Guandu (RDO-11), Rio Doce em Colatina (RDO-13) e foz do Rio Doce (RDO-16).

Ponto/Período	Matriz	Ensaio	UT	Severidade	Sensibilidade dos organismos	Valor de toxicidade por ensaio	Classificação por ensaio	Valor médio de toxicidade por matriz	Classificação por matriz	Valor médio de toxicidade por ponto	Classificação por ponto
RGU-01/Chuvoso	Água	<i>C. dubia</i> semicrônico	0	1	3	0	LT	0	NT		
		<i>D. magna</i> agudo	0	2	3	0	NT				
		<i>D. rerio</i> crônico - larvas	0	2	3	0	NT				
		<i>D. rerio</i> agudo	0	2	1	0	NT				
	Sedimento	<i>C. dubia</i> semicrônico (elutriato)	8	1	3	24	LT	5	LT	2	LT
		<i>D. magna</i> agudo (elutriato)	0	2	3	0	NT				
		<i>D. rerio</i> crônico – larvas (elutriato)	0	2	3	0	NT				
		<i>D. rerio</i> agudo (elutriato)	0	2	1	0	NT				
		<i>Hyalella</i> spp. (sedimento bruto)	-	-	-	0	NT				

Ponto/Período	Matriz	Ensaio	UT	Severidade	Sensibilidade dos organismos	Valor de toxicidade por ensaio	Classificação por ensaio	Valor médio de toxicidade por matriz	Classificação por matriz	Valor médio de toxicidade por ponto	Classificação por ponto
RDO-11/Chuvoso	Água	<i>C. dubia</i> semicrônico	0	1	3	0	NT	0	NT	0	NT
		<i>D. magna</i> agudo	0	2	3	0	NT				
		<i>D. rerio</i> crônico - larvas	0	2	3	0	NT				
		<i>D. rerio</i> agudo	0	2	1	0	NT				
	Sedimento	<i>C. dubia</i> semicrônico (elutriato)	0	1	3	0	NT	0	NT	0	NT
		<i>D. magna</i> agudo (elutriato)	0	2	3	0	NT				
		<i>D. rerio</i> crônico – larvas (elutriato)	0	2	3	0	NT				
		<i>D. rerio</i> agudo (elutriato)	0	2	1	0	NT				
		<i>Hyalella</i> spp. (sedimento bruto)	-	-	-	0	NT				

Ponto/Período	Matriz	Ensaio	UT	Severidade	Sensibilidade dos organismos	Valor de toxicidade por ensaio	Classificação por ensaio	Valor médio de toxicidade por matriz	Classificação por matriz	Valor médio de toxicidade por ponto	Classificação por ponto
RDO-13/Chuvoso	Água	<i>C. dubia</i> semicrônico	0	1	3	0	NT	0	NT	1	NT
		<i>D. magna</i> agudo	0	2	3	0	NT				
		<i>D. rerio</i> crônico - larvas	0	2	3	0	NT				
		<i>D. rerio</i> agudo	0	2	1	0	NT				
	Sedimento	<i>C. dubia</i> semicrônico (elutriato)	2	1	3	6	LT	1	NT		
		<i>D. magna</i> agudo (elutriato)	0	2	3	0	AT				
		<i>D. rerio</i> crônico – larvas (elutriato)	0	2	3	0	LT				
		<i>D. rerio</i> agudo (elutriato)	0	2	1	0	NT				
		<i>Hyalella</i> spp. (sedimento bruto)	-	-	-	0	NT				

Ponto/Período	Matriz	Ensaio	UT	Severidade	Sensibilidade dos organismos	Valor de toxicidade por ensaio	Classificação por ensaio	Valor médio de toxicidade por matriz	Classificação por matriz	Valor médio de toxicidade por ponto	Classificação por ponto
RDO-16/Chuvoso	Água	<i>C. dubia</i> semicrônico	0	1	3	0	NT	0	NT	1	NT
		<i>D. magna</i> agudo	0	2	3	0	NT				
		<i>D. rerio</i> crônico - larvas	0	2	3	0	NT				
		<i>D. rerio</i> agudo	0	2	1	0	NT				
	Sedimento	<i>C. dubia</i> semicrônico (elutriato)	2	1	3	6	MT	1	NT		
		<i>D. magna</i> agudo (elutriato)	0	2	3	0	NT				
		<i>D. rerio</i> crônico – larvas (elutriato)	0	2	3	0	NT				
		<i>D. rerio</i> agudo (elutriato)	0	2	1	0	NT				
		<i>Hyalella</i> spp. (sedimento bruto)	-	-	-	0	NT				

Legenda: UT: unidade tóxica, NT: não tóxica, LT: levemente tóxica, MT: moderadamente tóxica, T: tóxica. (Fonte: Anexo 1, TR4).

Figura 26: Classificação ecotoxicológica das amostras de água e sedimento coletadas pelo PMBA/Fest 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). 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 referente à concentração de efeito observado (CEO). O código dos pontos amostrais são: Rio Guandu (RGU-01), Rio Doce em Baixo Guandu (RDO-11), Rio Doce em Colatina (RDO-13) e foz do Rio Doce (RDO-16). Os pontos RDO-11 e RDO-13 passaram a ser monitorados a partir da Campanha 3.

