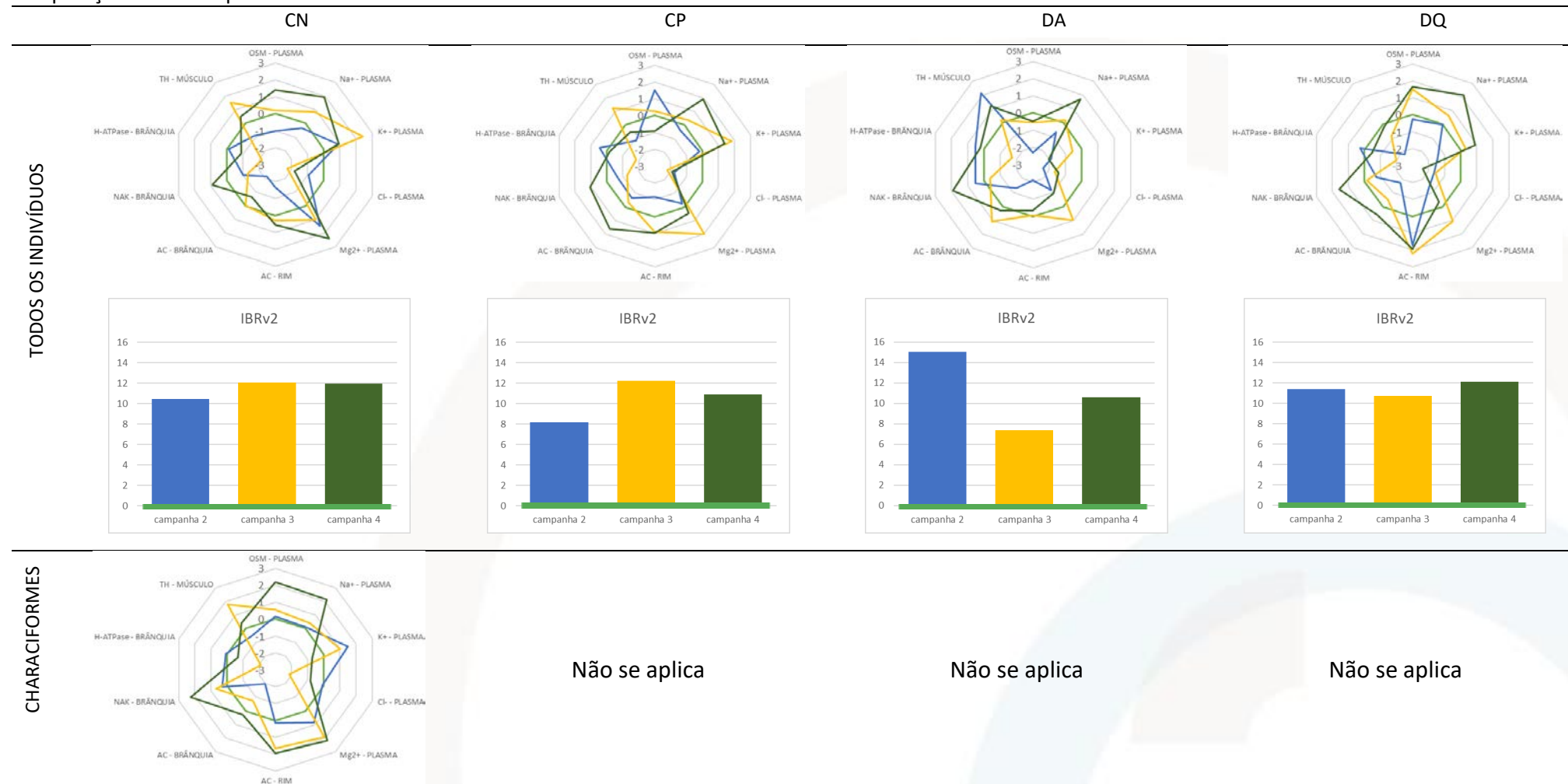


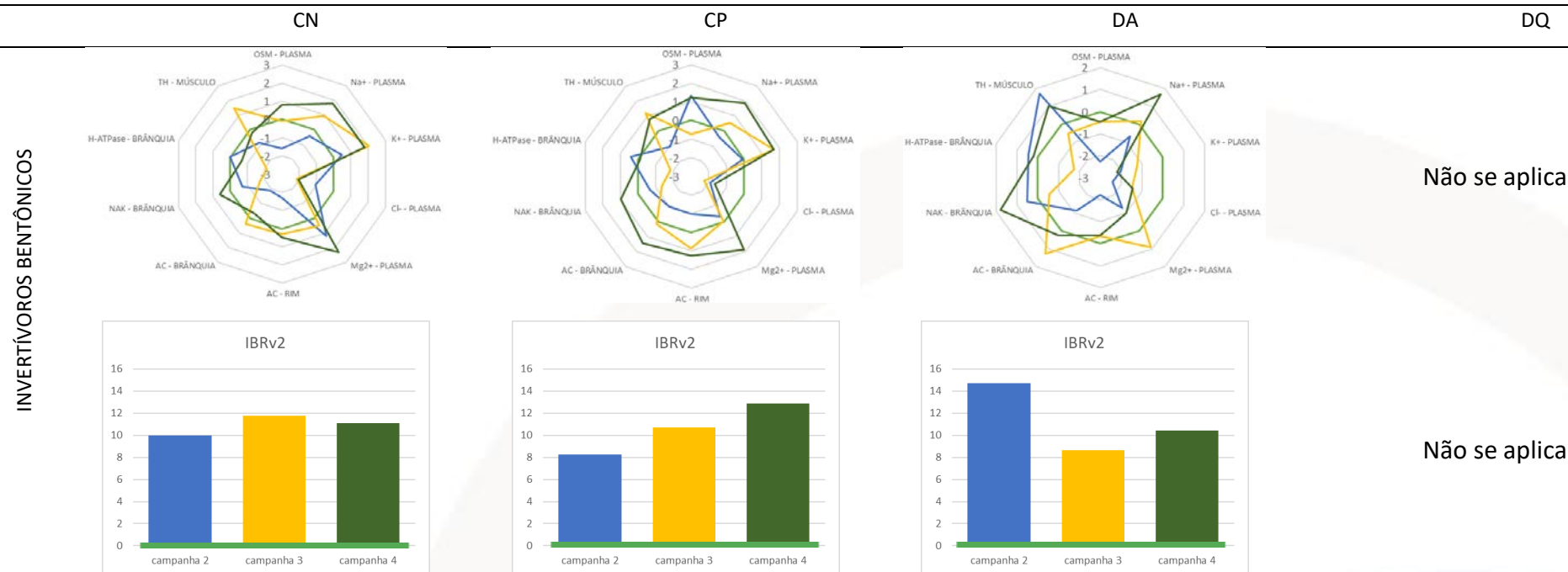
Na avaliação individual de cada um dos pontos amostrais (CN, CP, DA e DQ), considerando as diferenças observadas nas quatro campanhas em relação à 1ª campanha, na avaliação conjunta de todos os peixes coletados, nota-se que no ponto CN as campanhas 3 e 4 apresentaram IBRv2 semelhantes entre si, e maiores que a campanha 2, já no ponto CP a 3ª campanha apresentou maior IBRv2 seguido da 4ª e da 2ª campanhas, no ponto DA observa-se que na campanha 2 o IBRv2 foi expressivamente superior às demais campanhas e também aos demais pontos, sendo seguido pelo IBRv2 da campanha 4 e da campanha 3, respectivamente, por fim, no ponto DQ os valores de IBRv2 foram semelhantes entre as campanhas 2 a 4, sendo o maior valor observado na campanha 4, seguido da 2 e da 3, respectivamente. No agrupamento dos peixes da ordem Characiformes, apenas o ponto CN pode ser avaliado entre as 4 campanhas, sendo que a 3ª e a 4ª campanhas foram as que apresentaram os maiores valores de IBRv2. Para o agrupamento dos peixes Cichliformes, apenas os pontos CN e CP foram avaliados entre as campanhas, no ponto CN o valor de IBRv2 aumentou gradativamente com o passar das campanhas, enquanto que no ponto CP as campanhas 3 e 4 apresentaram os maiores valores de IBRv2, sendo estes valores muito semelhantes entre si. Finalmente, na avaliação dos indivíduos de hábito alimentar invertívoro bentônico, na qual apenas os pontos CN, CP e DA foram avaliados, observou-se que para o ponto CN o maior valor de IBRv2 foi observado na campanha 3, seguido da campanha 4 e da campanha 2, respectivamente; no ponto CP o IBRv2 apresentou gradativo aumento ao longo das campanhas, enquanto no ponto DA o maior valor de IBRv2 foi observado na 2ª campanha, seguido da 4ª e da 3ª campanhas, respectivamente (Tabela 11).

Tabela 11. Índice integrado de Respostas dos Biomarcadores (IBRv2) Fisiológicos dos peixes dos pontos amostrais CN, CP, DA e DQ do compartimento 1, comparação entre campanhas.





	CN	CP	DA	DQ															
	IBRv2 <table><tr><th>campanha</th><th>IBRv2</th></tr><tr><td>campanha 2</td><td>5.8</td></tr><tr><td>campanha 3</td><td>13.0</td></tr><tr><td>campanha 4</td><td>13.5</td></tr></table>	campanha	IBRv2	campanha 2	5.8	campanha 3	13.0	campanha 4	13.5	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica							
campanha	IBRv2																		
campanha 2	5.8																		
campanha 3	13.0																		
campanha 4	13.5																		
CICHLIFORMES	OSM - PLASMA Na⁺ - PLASMA K⁺ - PLASMA Cl⁻ - PLASMA Mg²⁺ - PLASMA AC - RIM AC - BRÂNQUIA NAK - BRÂNQUIA H-ATPase - BRÂNQUIA TH - MÚSCULO	OSM - PLASMA Na⁺ - PLASMA K⁺ - PLASMA Cl⁻ - PLASMA Mg²⁺ - PLASMA AC - RIM AC - BRÂNQUIA NAK - BRÂNQUIA H-ATPase - BRÂNQUIA TH - MÚSCULO	Não se aplica	Não se aplica															
	IBRv2 <table><tr><th>campanha</th><th>IBRv2</th></tr><tr><td>campanha 2</td><td>9.5</td></tr><tr><td>campanha 3</td><td>11.5</td></tr><tr><td>campanha 4</td><td>13.0</td></tr></table>	campanha	IBRv2	campanha 2	9.5	campanha 3	11.5	campanha 4	13.0	IBRv2 <table><tr><th>campanha</th><th>IBRv2</th></tr><tr><td>campanha 2</td><td>8.5</td></tr><tr><td>campanha 3</td><td>13.5</td></tr><tr><td>campanha 4</td><td>13.5</td></tr></table>	campanha	IBRv2	campanha 2	8.5	campanha 3	13.5	campanha 4	13.5	Não se aplica
campanha	IBRv2																		
campanha 2	9.5																		
campanha 3	11.5																		
campanha 4	13.0																		
campanha	IBRv2																		
campanha 2	8.5																		
campanha 3	13.5																		
campanha 4	13.5																		



Não se aplica: indica que o IBRv2 não foi aplicado no agrupamento seja por ausência ou insuficiência de **n** amostral na campanha em questão.

Para cada agrupamento (todos os indivíduos, Characiformes, Cichliformes, Siluriformes, ictiófagos e invertívoros bentônicos) e ponto amostral, as respostas do biomarcadores integrados estão representados por um gráfico de radar no qual as respostas dos peixes capturados na 1ª campanha estão representadas em verde claro (—), da 2ª campanha em azul (—), da 3ª campanha em amarelos (—) e da 4ª campanha em verde escuro (—), seguidos de um gráfico de barras no qual está representado o valor do Índice de Integração de Respostas de Biomarcadores versão 2 (IBRv2), sendo neste gráfico a linha verde clara representativa dos peixes capturados na 1ª campanha e as barras azul, amarela e verde escuro dos peixes capturados na 2ª, 3ª e 4ª campanha, respectivamente.

OSM-PLASMA: osmolalidade plasmática; Na⁺ - PLASMA: concentração do íon Na⁺ no plasma; K⁺ - PLASMA: concentração do íon K⁺ no plasma; Cl⁻ - PLASMA: concentração do íon Cl⁻ no plasma; Mg²⁺ - PLASMA: concentração do íon Mg²⁺ no plasma; AC – RIM: atividade da anidrase carbônica renal; AC – BRÂNQUIA: atividade da anidrase carbônica renal; NAK – BRÂNQUIA: atividade da Na⁺/K⁺-ATPase branquial; H-ATPase – BRÂNQUIA: atividade da H⁺-ATPase branquial; TH – MÚSCULO: teor de umidade muscular.

3.1.1.1.3. Biomarcadores de metabolismo energético – glicose e lactato plasmáticos e glicogênio muscular

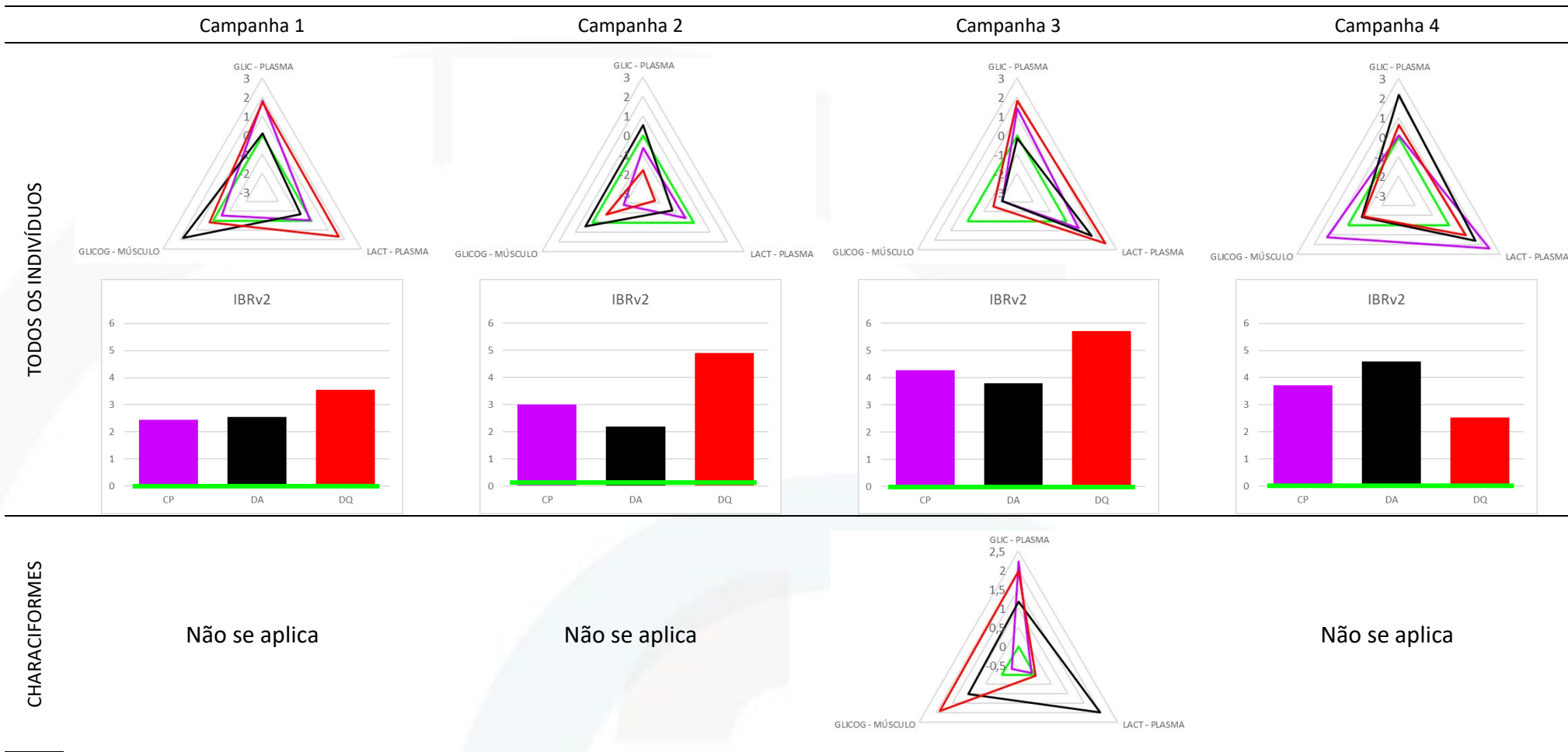
Nota-se que, observando a Tabela 12, por meio da integração dos biomarcadores de metabolismo energético, glicose e lactato plasmáticos e glicogênio muscular, que, de maneira geral, no compartimento 1, considerando todos os pontos amostrais (CN, CP, DA e DQ) e todos os peixes amostrados, os maiores valores de IBRV2 foram observados nos organismos do ponto amostral DQ, considerado um ponto também diretamente afetado pela onda de rejeitos, à exceção da 4ª campanha, quando o maior valor de IBRV2 foi observado no ponto DA. Nota-se que tanto na 1ª, como na 3ª e na 4ª campanha os maiores valores de IBRV2 estão associados ao aumento dos níveis de glicose e lactato plasmáticos, sendo esta uma resposta considerada uma resposta comum ao estresse promovido por contaminantes (Oliveira et al., 2011), ainda, na 3ª e na 4ª campanha essa resposta ao estresse fica ainda mais evidente devido à diminuição das concentrações de glicogênio muscular, indicando aumento da demanda energéticas nos peixes destes pontos amostrais.

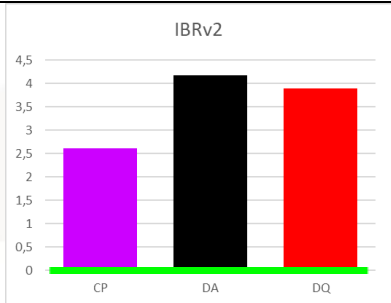
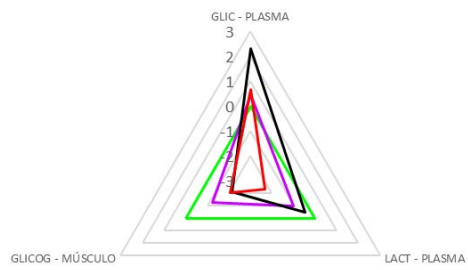
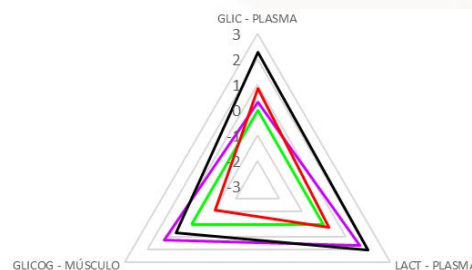
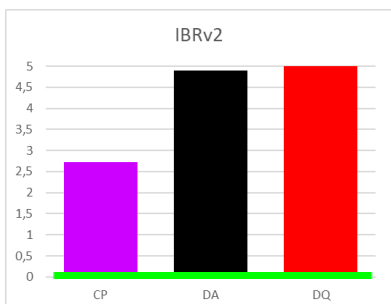
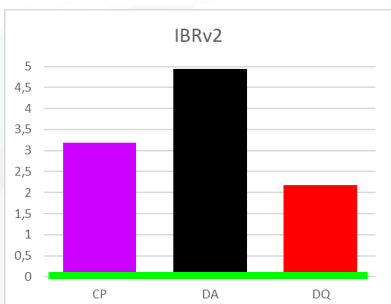
Pontualmente, observa-se que, na 3ª campanha, ao agruparmos os peixes de acordo com sua ordem, tanto os peixes Characiformes, quanto os Cichliformes apresentaram elevados valores de IBRV2 nos pontos DA e DQ, sendo ambos superiores ao IBRV2 observado no ponto CP. Nos Characiformes, deve-se atentar que o alto valor de IBRV2 observado nos pontos DA e DQ, está associado ao aumento das concentrações dos três marcadores de metabolismo energético avaliados, enquanto no ponto DQ embora tenha sido observado um aumento expressivo do glicogênio muscular e da glicose plasmática, não há indicativo de que a via energética anaeróbica tenha sido ativada, uma vez que não houve alteração nos níveis de lactato plasmático. Já nos Cichliformes os elevados valores de IBRV2 nos pontos DA e DQ na 3ª campanha indicam que o estresse causado pela presença de contaminantes está promovendo o aumento da demanda energética possivelmente para a manutenção dos sistemas fisiológicos, o que pode ser observado pela diminuição do glicogênio muscular, uma vez que esta é uma das principais reservas energéticas do organismo, associado à expressiva diminuição do lactato plasmático, especialmente nos animais do ponto DQ, indicando que o lactato foi também utilizado para a produção de energia. Ainda em relação aos Cichliformes, na 4ª campanha, o ponto DA foi o que apresentou o maior valor de IBRV2, no entanto nesta campanha nota-se que todos os marcadores de metabolismo energéticos estão aumentados em relação às concentrações observadas no ponto CN.

Ao agruparmos os peixes de acordo com seu hábito alimentar, observa-se, para os peixes invertívoros bentônicos, que na 1ª e 3ª campanhas o IBRV2 do ponto CP foi superior aos observados para os peixes de mesmo hábito alimentar nos pontos DA e DQ. Neste agrupamento, para o cálculo do IBRV2 não foi considerado o biomarcador lactato, uma vez que este não foi mensurado nos peixes deste agrupamento em todos os pontos amostrais. Assim, o elevado valor de IBRV2 observado no

ponto CP, tanto na 1ª, quanto na 3ª campanha reflete a maior concentração de glicose plasmática associada à uma menor concentração de glicogênio muscular, quando comparada ao ponto CN. Ainda, este mesmo padrão de resposta foi também observado no ponto DA na 3ª campanha, embora com menor intensidade do que a observada no ponto CP.

Tabela 12. Índice integrado de Respostas dos Biomarcadores (IBRv2) relacionados ao metabolismo energético dos peixes dos pontos amostrais CN, CP, DA e DQ do compartimento 1, comparação entre os pontos em cada uma das campanhas amostrais.



	Campanha 1	Campanha 2	Campanha 3	Campanha 4
	Não se aplica	Não se aplica		Não se aplica
CICHLIFORMES	Não se aplica	Não se aplica		
	Não se aplica	Não se aplica		



Campanha 1

Campanha 2

Campanha 3

Campanha 4

ICTIÓFAGOS

Não se aplica

Não se aplica

Não se aplica

Não se aplica

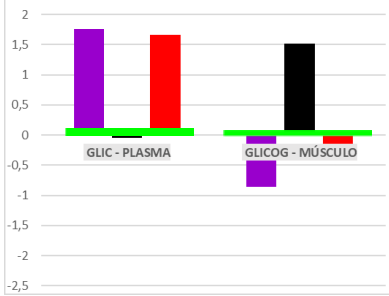
Não se aplica

Não se aplica

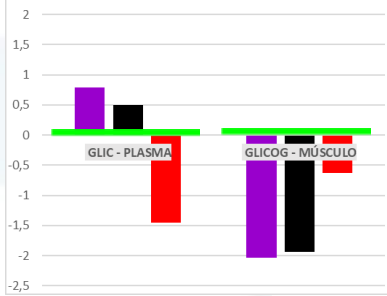
Não se aplica

Não se aplica

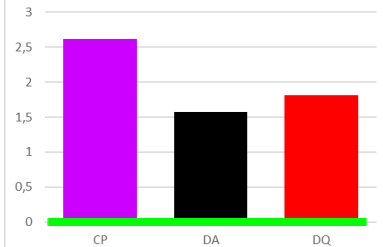
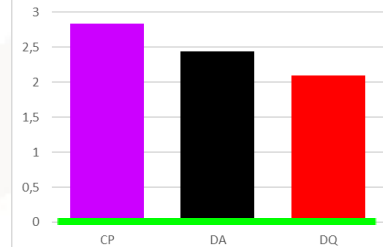
INVERTÍVOROS
BENTÔNICOS



Não se aplica



Não se aplica

Campanha 1	Campanha 2	Campanha 3	Campanha 4
IBRv2 	Não se aplica	IBRv2 	Não se aplica

Não se aplica: indica que o IBRv2 não foi aplicado no agrupamento seja por ausência ou insuficiência de **n** amostral na campanha em questão.

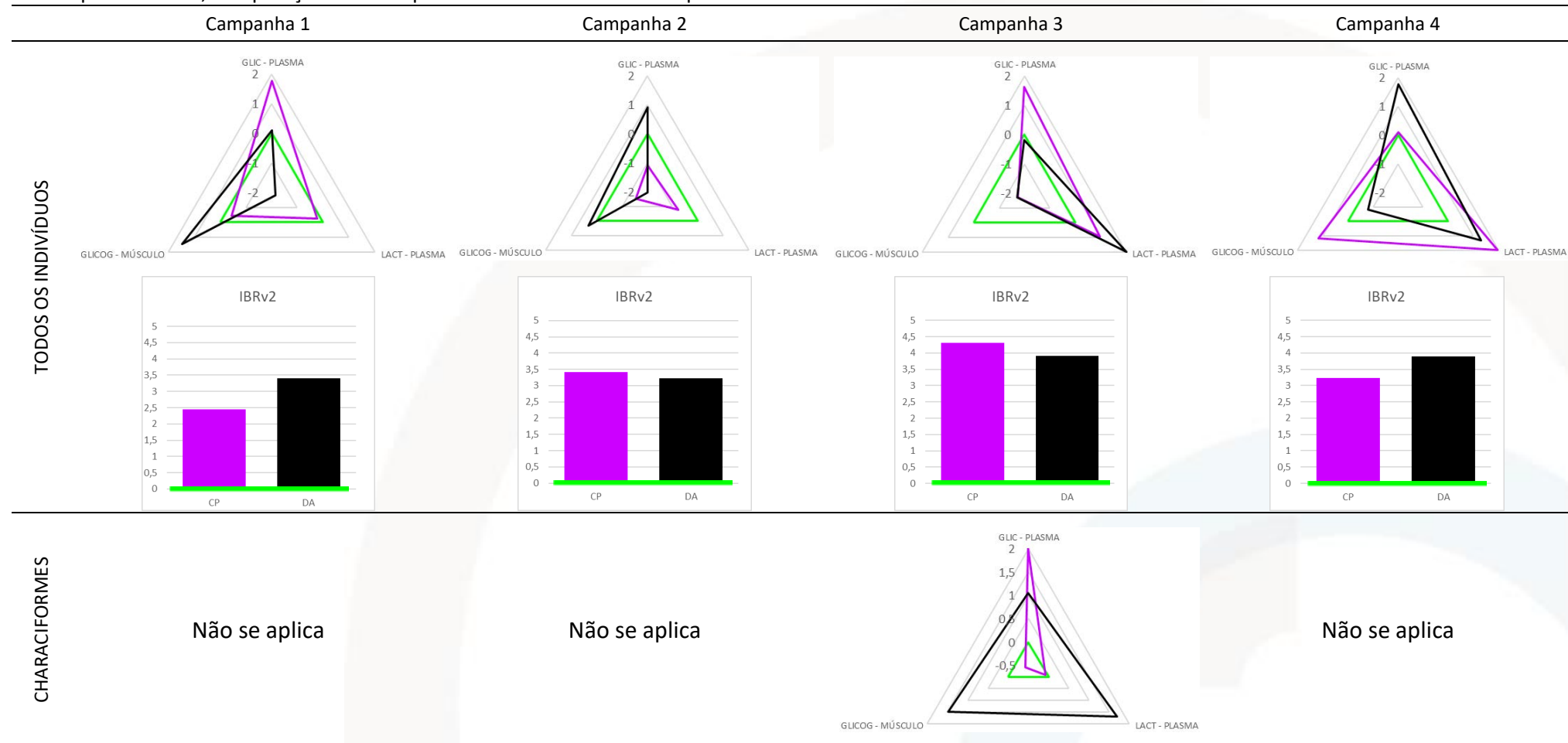
Para cada agrupamento (todos os indivíduos, Characiformes, Cichliformes, ictiófagos e invertívoros bentônicos) e campanha, as respostas dos biomarcadores integrados estão representados por um gráfico de radar no qual as respostas dos peixes de CN estão representadas em verde (—), de CP em violeta (—), de DA em preto (—) e de DQ em vermelho (—), seguidos de um gráfico de barras no qual está representado o valor do Índice de Integração de Respostas de Biomarcadores versão 2 (IBRv2), sendo neste gráfico a linha verde representativa dos peixes do ponto CN, e as barras violeta, preta e vermelha dos pontos CP, DA e DQ, respectivamente.

GLIC - PLASMA: concentração de glicose plasmática; GLICOG - MÚSCULO: concentração de glicogênio muscular; LACT - PLASMA: concentração de lactato plasmático.

Ainda no compartimento 1, se considerados apenas os pontos CN, CP e DA, como observado na Tabela 13, quando avaliado em conjunto todos os organismos amostrados, observa-se que o ponto DA apresentou maior valor de IBRV2 na 1ª e na 4ª campanha, ao passo que na 2ª e na 3ª campanha o ponto CP foi o que apresentou o maior valor de IBRV2. Quando agrupados de acordo com sua ordem, notou-se que o ponto DA apresentou o maior valor de IBRV2 na 3ª campanha, para os Characiformes, e nas campanhas 1, 3 e 4 para os Cichliformes, sendo estas as únicas campanhas em que peixes destes agrupamentos foram avaliados em todos os pontos amostrais. Ao avaliar os peixes de hábito alimentar invertívoro bentônico observa-se que apenas na 2ª campanha o ponto CP apresentou IBRV2 maior que o ponto DA, sendo observado, nas demais campanhas, o inverso, ou seja, o ponto DA apresentou maior valor de IBRV2. Assim, pode se observar que na 1ª campanha os peixes do ponto DA, independente do agrupamento avaliado, apresentaram como alteração comum o aumento das concentrações de glicogênio muscular, associado com a redução do lactato plasmático, indicando que estes peixes estão em processo de estocagem energética. Já nos demais agrupamentos e campanhas nas quais os peixes do ponto DA apresentaram maior valor de IBRV2, fica evidente que diferentes processos foram afetados pelos contaminantes presentes no meio. Assim, na 3ª campanha, observa-se que os peixes Cichliformes e aqueles de hábito alimentar invertívoro bentônico apresentaram ativação da via de metabolismo energético aeróbica, uma vez que houve diminuição do glicogênio muscular, associado ao aumento da glicose plasmática, sem que houvesse aumento do lactato plasmático. Os Characiformes, na 2ª campanha, assim como os Cichliformes e os invertívoros bentônicos, na 4ª campanha, também apresentaram ativação do metabolismo energético, no entanto, por meio da via anaeróbica, normalmente associado à condição ambiental de hipóxia, o que pode ser evidenciado pelo aumento do lactato plasmático, embora também tenha sido evidenciado principalmente o aumento das concentrações de lactato e glicose plasmática.

Vale ressaltar que quanto maior o valor do IBRV2, maiores foram as alterações observadas nos biomarcadores avaliados (glicose e lactato plasmáticos e glicogênio muscular), em relação ao ponto CN, sejam estas alterações observadas nos três marcadores ou em apenas um deles. Assim, no contexto geral da avaliação dos biomarcadores associados ao metabolismo energético, fica evidente que os animais capturados nos pontos afetados pela lama de rejeitos (DA e DQ), do compartimento 1, apresentaram alterações mais expressivas em relação aos animais do ponto CN do que os animais capturados no ponto CP. Sendo as alterações observadas já descritas na literatura como reflexo da exposição a contaminantes metálicos (Banaee et al., 2019; Chandra et al., 2020; Li & Wu, 2020), como os EPTs presentes na área afetada pela lama de rejeitos.

Tabela 13. Índice integrado de Respostas dos Biomarcadores (IBRv2) relacionados ao metabolismo energético dos peixes dos pontos amostrais CN, CP e DA do compartimento 1, comparação entre os pontos em cada uma das campanhas amostrais.





Campanha 1

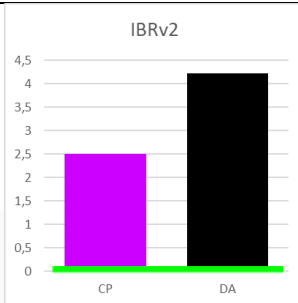
Campanha 2

Campanha 3

Campanha 4

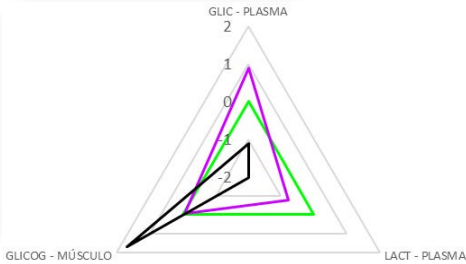
Não se aplica

Não se aplica

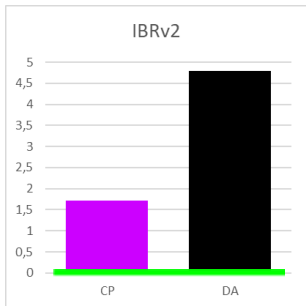


Não se aplica

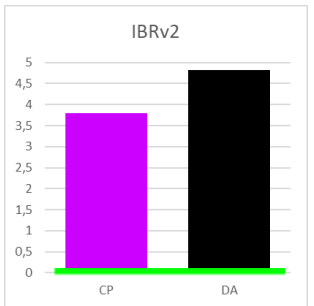
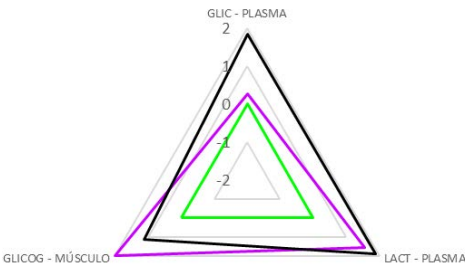
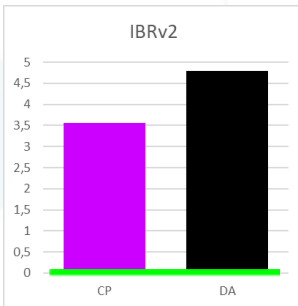
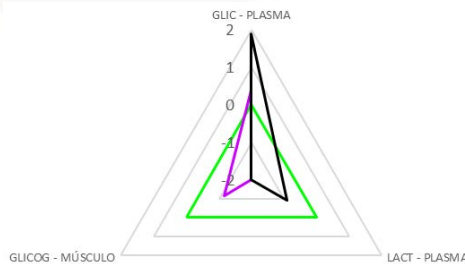
CICHLIFORMES

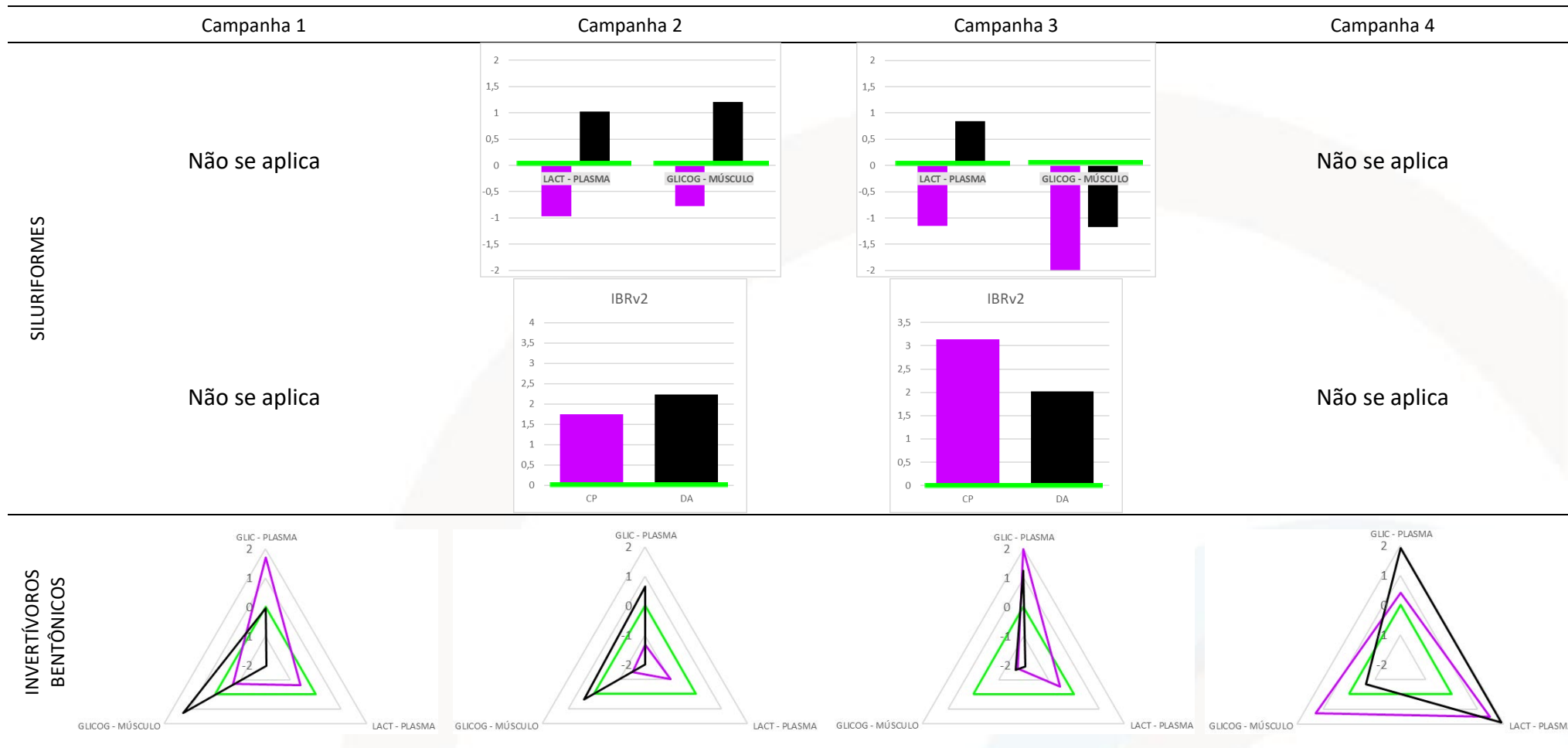


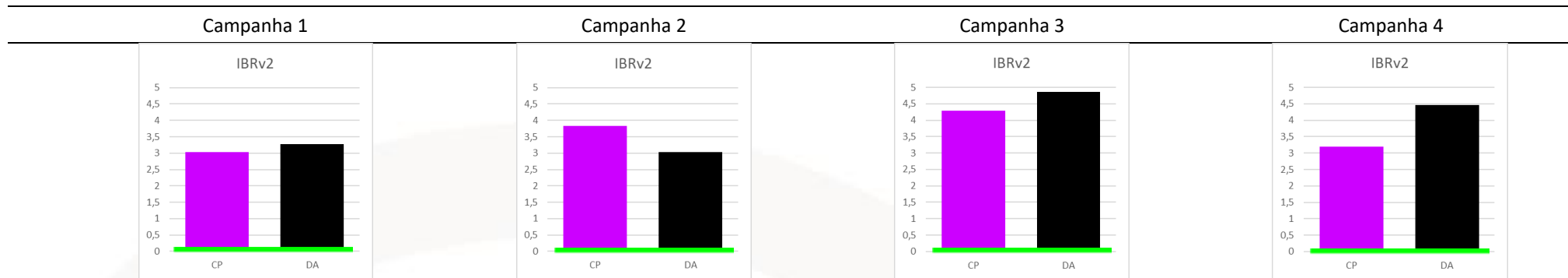
Não se aplica



Não se aplica







Não se aplica: indica que o IBRv2 não foi aplicado no agrupamento seja por ausência ou insuficiência de **n** amostral na campanha em questão.

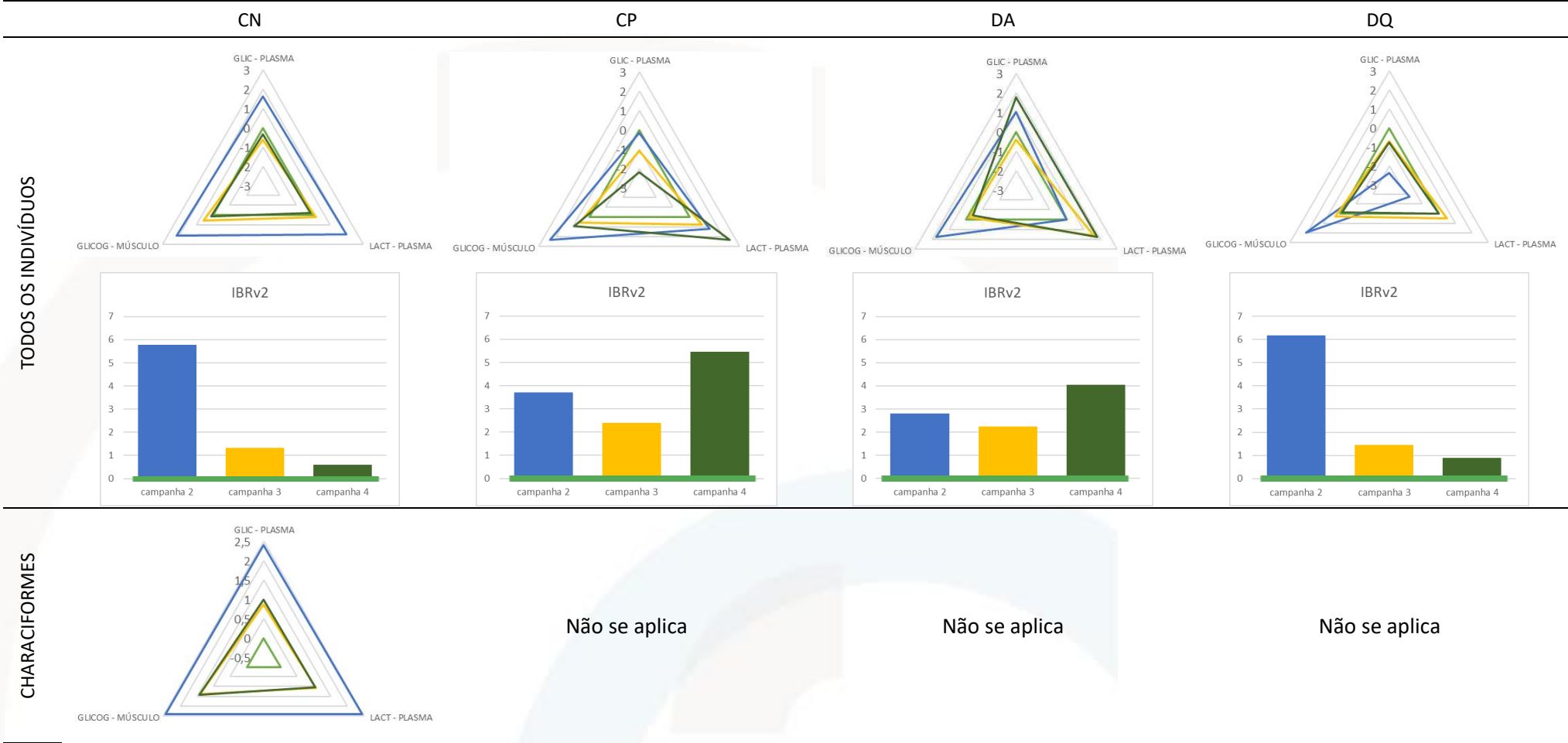
Para cada agrupamento (todos os indivíduos, Characiformes, Cichliformes, Siluriformes e invertívoros bentônicos) e campanha, as respostas do biomarcadores integrados estão representados por um gráfico de radar no qual as respostas dos peixes de CN estão representadas em verde (—), de CP em violeta (—) e de DA em preto, seguidos de um gráfico de barras no qual está representado o valor do Índice de Integração de Respostas de Biomarcadores versão 2 (IBRv2), sendo neste gráfico a linha verde representativa dos peixes do ponto CN, e as barras violeta e preta dos pontos CP e DA, respectivamente.

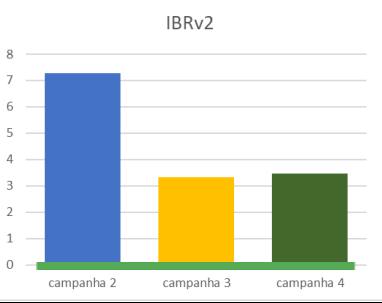
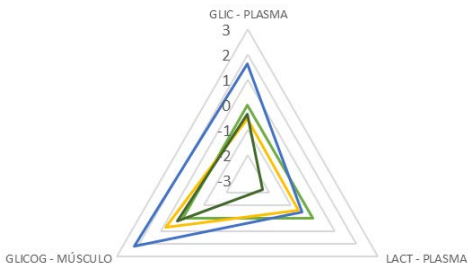
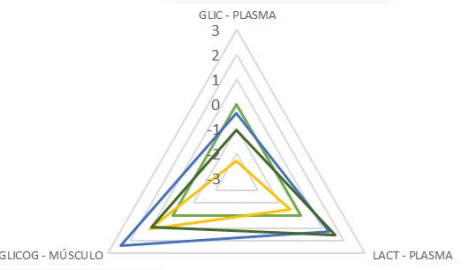
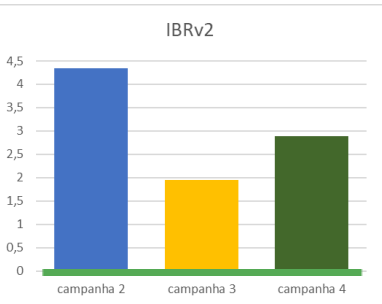
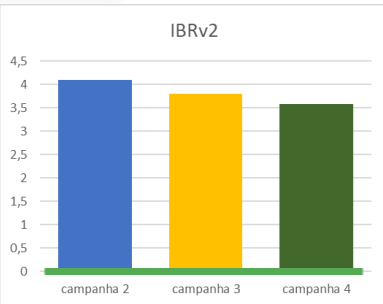
GLIC - PLASMA: concentração de glicose plasmática; GLICOG - MÚSCULO: concentração de glicogênio muscular; LACT - PLASMA: concentração de lactato plasmático.

Ao avaliar os diferentes pontos do compartimento 1 de acordo com a campanha amostral, e considerando os resultados obtidos da 1ª campanha como valores basais para o cálculo do IBRv2, notou-se que quando considerados em conjunto todos os peixes capturados, para os pontos CN e DQ as maiores alterações em relação à campanha 1 foram observadas na campanha 2, seguido das campanhas 3 e 4, respectivamente, embora nas duas últimas campanhas as alterações tenham sido menos expressivas. Já para os peixes dos pontos CP e DA as maiores diferenças em relação à 1ª campanha ocorreram na 4ª campanha, seguida da 2ª e da 3ª campanha, respectivamente. Nos peixes Characiformes e nos Siluriformes, apenas o IBRv2 do ponto CN pode ser avaliado e similarmente ao observado para o agrupamento de todos os indivíduos as maiores alterações foram observadas na 2ª campanha, ao passo que na 3ª e na 4ª campanha foram observados valores de IBRv2 similares entre si quando comparados à 1ª campanha. Nos peixes Cichliformes do ponto CN e do ponto CP a 2ª campanha foi a que apresentou as maiores alterações, refletindo nos maiores valores de IBRv2, seguida pela 4ª e pela 3ª campanha, respectivamente, no ponto CN e pela 3ª e 4ª campanha, respectivamente, no ponto CP, embora no ponto CP as diferenças entre os IBRv2 das três campanhas tenham sido menos expressiva do que as diferenças observadas no ponto CN. Por fim, nos peixes de hábito alimentar invertívoro bentônico capturados no ponto CN, similarmente ao observado para os demais agrupamentos deste ponto, a 2ª campanha foi a que apresentou o maior valor de IBRv2, seguida pela 3ª e pela 4ª campanha, respectivamente. No ponto CP o maior valor de IBRv2 foi observado na 3ª campanha, embora a diferença em relação à 2ª e à 4ª campanha tenha sido pouco expressiva. Ainda, nos peixes invertívoros bentônicos do ponto DA a 4ª campanha foi a que apresentou as maiores alterações nos biomarcadores, ou seja, o maior valor de IBRv2, seguido da 2ª e da 3ª campanha respectivamente (Tabela 14).

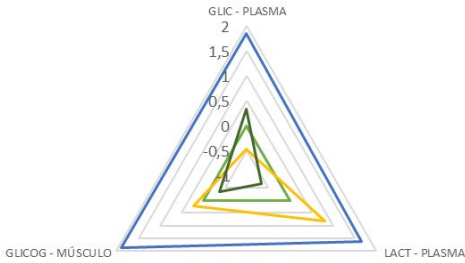
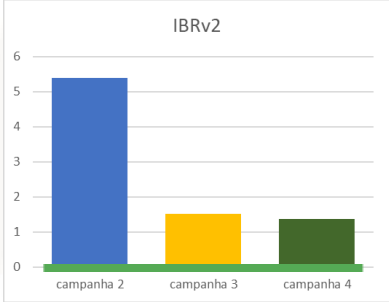
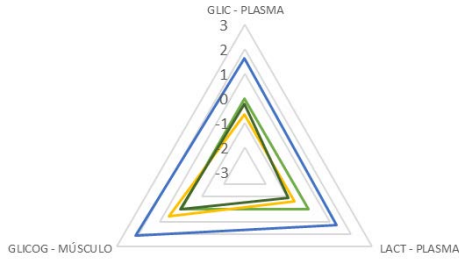
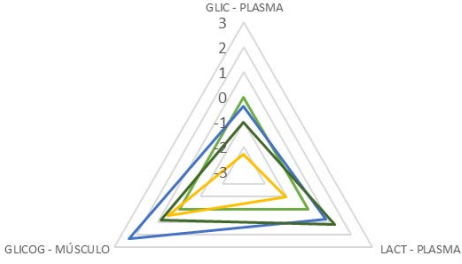
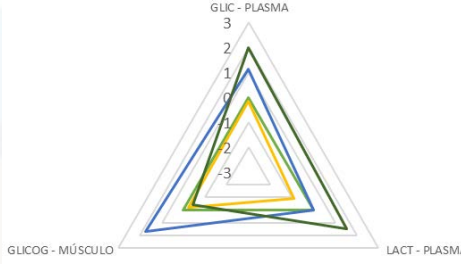


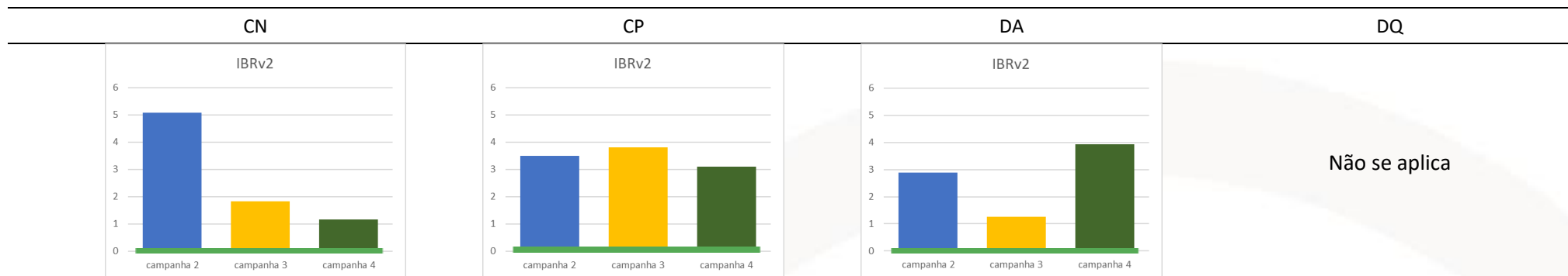
Tabela 14. Índice integrado de Respostas dos Biomarcadores (IBRv2) relacionados ao metabolismo energético dos peixes dos pontos amostrais CN, CP, DA e DQ do compartimento 1, comparação entre as campanhas.



	CN	CP	DA	DQ
	IBRv2 	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
CICHLIFORMES			Não se aplica	Não se aplica
	IBRv2 	IBRv2 	Não se aplica	Não se aplica



	CN	CP	DA	DQ
SILURIFORMES		Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
		Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
INVERTÍVOROS BENTÔNICOS				Não se aplica



Não se aplica: indica que o IBRv2 não foi aplicado no agrupamento seja por ausência ou insuficiência de **n** amostral na campanha em questão.

Para cada agrupamento (todos os indivíduos, Characiformes, Cichliformes, Siluriformes, ictiófagos e invertívoros bentônicos) e ponto amostral, as respostas do biomarcadores integrados estão representados por um gráfico de radar no qual as respostas dos peixes capturados na 1ª campanha estão representadas em verde claro (—), da 2ª campanha em azul (—), da 3ª campanha em amarelos (—) e da 4ª campanha em verde escuro (—), seguidos de um gráfico de barras no qual está representado o valor do Índice de Integração de Respostas de Biomarcadores versão 2 (IBRv2), sendo neste gráfico a linha verde clara representativa dos peixes capturados na 1ª campanha e as barras azul, amarela e verde escuro dos peixes peixes capturados na 2ª, 3ª e 4ª campanha, respectivamente.

GLIC - PLASMA: concentração de glicose plasmática; GLICOG - MÚSCULO: concentração de glicogênio muscular; LACT - PLASMA: concentração de lactato plasmático.

3.1.1.1.4. Prejuízos à estrutura e função reprodutiva (biomarcador: histopatologia de gônadas)

Não foram identificadas alterações morfológicas nas gônadas e nas células das linhagens germinativas (ovogênese e espermatogênese) dos peixes capturados nos pontos do compartimento 1, independentemente da campanha. Algumas espécies, inclusive, apresentaram-se em atividade reprodutiva. Pranchas com as imagens das gônadas analisadas, em cada um dos pontos ao longo das campanhas, encontram-se apresentadas no ANEXO 4 do presente relatório.

3.1.1.1.5. Biomarcadores enzimáticos dos sistemas antioxidante e de biotransformação no tecido branquial – SOD, CAT, GPx, GST e GR

Na integração das respostas das enzimas relacionadas aos sistemas antioxidante e de biotransformação em brânquias, quando considerados todos os organismos amostrados em cada um dos pontos amostrais (CN, CP, DA e DQ), no compartimento 1, nota-se que na 1ª campanha os pontos CP e DQ apresentaram os maiores valores de IBRv2, ao passo que na 2ª campanha o maior valor foi observado em DA, na 3ª campanhas o maior valor foi observado no ponto DQ, sendo na 3ª campanha também observado que o ponto DA apresentou um elevado valor de IBRv2, já na 4ª campanha CP e DA apresentaram os maiores valores de IBRv2. Ressalta-se que na 1ª campanha, embora CP e DQ tenha apresentado valores semelhantes de IBRv2, as alterações promovidas pelos contaminantes presentes nestes dois pontos foram no geral bastante distintas, sendo observado no ponto CP que apenas a atividade da enzima GPx esteve reduzida, ao passo que as demais apresentaram atividade aumentada, indicando ativação dos sistemas antioxidante e de biotransformação para a manutenção da homeostase no tecido branquial, ao passo que no ponto DQ todas as enzimas avaliadas (CAT, GPx, GST e GR) apresentaram redução em suas atividades, denotando que os contaminantes presentes no meio podem estar atuando diretamente nestas enzimas, prejudicando o funcionamento dos sistemas antioxidante e de biotransformação nas brânquias destes peixes. Na 2ª campanha nota-se que DQ apresenta atividade semelhante ao ponto CN, embora com redução nas atividades da GPx e da GST, no entanto, em DA, ponto que apresentou o maior valor de IBRv2 observa-se também a redução da atividade das enzimas GPx, GST e GR, embora a CAT tenha apresentado atividade aumentada, refletindo um possível aumento nas concentrações de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) no tecido branquial, uma vez que a CAT é uma enzima que atua especificamente na degradação desta espécie reativa de oxigênio. Na 3ª campanha ainda pode ser observado em DA, o aumento da atividade da CAT, no entanto, nesta campanha a atividade da GPx também esteve aumentada, corroborando o

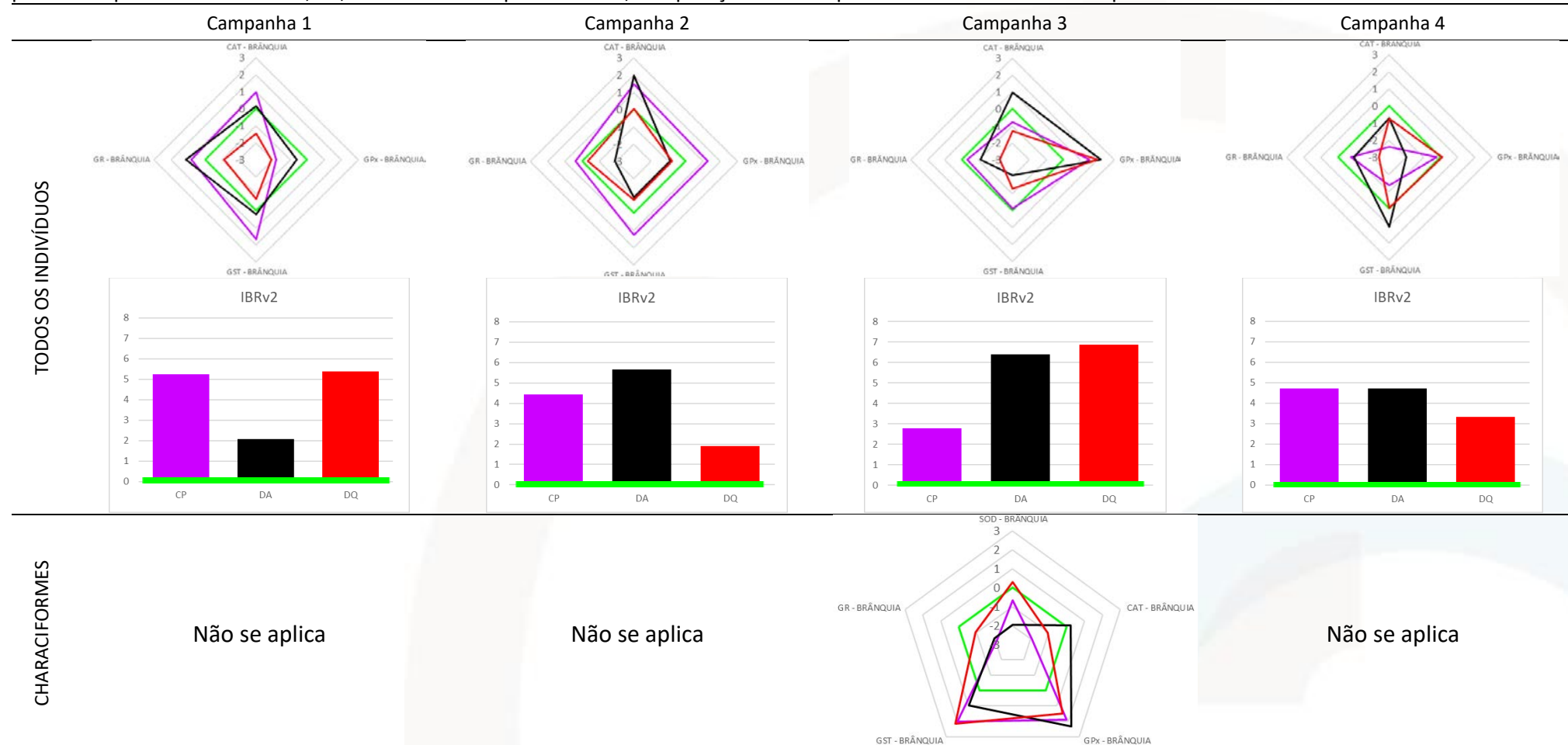
possível aumento da concentração de H₂O₂ e de outros peróxidos no tecido branquial. De maneira semelhante, ainda na 3ª campanha, observa-se que o ponto DQ, o qual apresentou maior valor de IBRv2, esteve com a atividade da GPx aumentada ao passo que as demais enzimas (GST, GR e CAT) apresentaram atividade reduzida em relação à atividade dos peixes do ponto CN. Por fim, na 4ª campanha CP e DA apresentaram valores semelhantes de IBRv2, embora Cp tenha apresentado redução nas atividades da GST, GR e CAT, com pouca alteração na GPx, ao passo que em DA as atividades da GPx, GR e CAT estiveram reduzidas enquanto a da GST esteve aumentada, indicando prejuízo ao sistema antioxidante e ativação do sistema de biotransformação no tecido branquial dos peixes do ponto DA.

No agrupamento dos peixes da ordem Characiformes, apenas avaliado na 3ª campanha, o ponto CP apresentou o maior valor de IBRv2, seguido do ponto DA e do ponto DQ, respectivamente. Em comum, tanto os peixes de CP, quanto de DA e de DQ apresentaram redução na atividade da enzima GR e aumento das enzimas GPx e GST. Os peixes da ordem Cichliformes, por sua vez, foram avaliados na 3ª e na 4ª campanha, e, em ambas, as maiores alterações em relação ao ponto CN foram observadas no ponto DA, seguido do ponto DQ. Neste agrupamento, na 3ª campanha, observa-se que tanto CP, quanto DA e DQ apresentaram aumento na atividade das enzimas CAT, GPx e GST, embora com diferentes intensidades, ao passo que no ponto DQ observou-se também a diminuição da atividade da enzima GR, a qual não esteve alterada em CP e DA. Já na 4ª campanha CP e DA mantiveram inalterada a atividade da enzima GR, no entanto em DA houve uma expressiva redução na atividade das demais enzimas (CAT, GPx e GST), enquanto em DA foi observada a redução da atividade de todas as enzimas avaliadas na integração (CAT, GPx, GST e GR). Desta forma, pode-se inferir que na 3ª campanha, a qual aconteceu no período chuvoso, houve ativação dos sistemas antioxidante e de biotransformação tanto em CP, quanto em DA e DQ, no entanto, na 4ª campanha, realizada no período de seca, observa-se prejuízo nos sistemas antioxidante e de biotransformação de DA e DQ, uma vez que houve expressiva redução da atividade das enzimas destes sistemas, o que não ocorreu em CP, indicando que os contaminantes presentes na área afetada pela passagem da lama de rejeitos estão prejudicando os peixes da ordem Cichliformes presentes no compartimento, especialmente na estação seca.

Nos agrupamentos de acordo com o hábito alimentar observa-se que os peixes ictiófagos foram avaliados apenas na 3ª campanha, na qual o ponto DA apresentou o maior valor de IBRv2, seguido do ponto DQ. Para este agrupamento, observa-se que tanto CP, quanto DA e DQ apresentaram respostas semelhantes nos marcadores avaliados, com aumento da atividade da GPx e da GST, redução na atividade da GR e sem alterações na atividade da SOD, no entanto, fica evidente que em DA e DQ

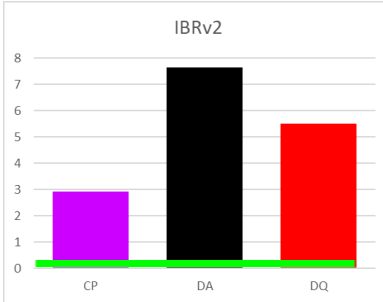
as alterações em relação ao ponto CN foram mais expressivas do que no ponto CP. No último agrupamento avaliado neste compartimento, composto pelos peixes de hábito alimentar invertívoro bentônico, os quais foram avaliados em todos os pontos apenas na 1ª campanha, nota-se que o maior IBRv2 aconteceu em DQ, seguido de CP, ao passo que em DA o IBRv2 foi bastante reduzido, uma vez que apenas a atividade da GR esteve alterada em relação à CN. Importante ainda ressaltar neste agrupamento, que no ponto DQ todas as atividades enzimáticas avaliadas apresentaram expressiva redução, o que pode estar associado ao hábito alimentar destes peixes que se dá próximo ao sedimento, o qual por sua vez, por se tratar da estação seca, se encontra repleto de contaminantes depositados, os quais podem estar atuando diretamente na atividade das enzimas dos sistemas antioxidante e de biotransformação, no tecido branquial (Tabela 15).

Tabela 15. Índice integrado de Respostas dos Biomarcadores (IBRv2) enzimáticos dos sistemas antioxidante e de biotransformação do tecido branquial dos peixes dos pontos amostrais CN, CP, DA e DQ do compartimento 1, comparação entre os pontos em cada uma das campanhas amostrais.





	Campanha 1	Campanha 2	Campanha 3	Campanha 4															
CICHLIFORMES	Não se aplica	Não se aplica	IBRv2 <table><tr><th>Category</th><th>Score</th></tr><tr><td>CP</td><td>8.5</td></tr><tr><td>DA</td><td>7.5</td></tr><tr><td>DQ</td><td>6.0</td></tr></table>	Category	Score	CP	8.5	DA	7.5	DQ	6.0	Não se aplica							
	Category	Score																	
	CP	8.5																	
	DA	7.5																	
DQ	6.0																		
Não se aplica	Não se aplica	CAT - BRÂNQUIA GPx - BRÂNQUIA GST - BRÂNQUIA	CAT - BRÂNQUIA GPx - BRÂNQUIA GST - BRÂNQUIA																
Não se aplica	Não se aplica	IBRv2 <table><tr><th>Category</th><th>Score</th></tr><tr><td>CP</td><td>4.0</td></tr><tr><td>DA</td><td>6.0</td></tr><tr><td>DQ</td><td>5.5</td></tr></table>	Category	Score	CP	4.0	DA	6.0	DQ	5.5	IBRv2 <table><tr><th>Category</th><th>Score</th></tr><tr><td>CP</td><td>1.8</td></tr><tr><td>DA</td><td>6.0</td></tr><tr><td>DQ</td><td>5.0</td></tr></table>	Category	Score	CP	1.8	DA	6.0	DQ	5.0
Category	Score																		
CP	4.0																		
DA	6.0																		
DQ	5.5																		
Category	Score																		
CP	1.8																		
DA	6.0																		
DQ	5.0																		

	Campanha 1	Campanha 2	Campanha 3	Campanha 4
ICTIÓFAGOS	Não se aplica	Não se aplica		Não se aplica
	Não se aplica	Não se aplica		Não se aplica
INVERTÍVOROS BENTÔNICOS		Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica



Campanha 1	Campanha 2	Campanha 3	Campanha 4
IBRv2	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica

Não se aplica: indica que o IBRv2 não foi aplicado no agrupamento seja por ausência ou insuficiência de **n** amostral na campanha em questão.

Para cada agrupamento (todos os indivíduos, Characiformes, Cichliformes, ictiófagos e invertívoros bentônicos) e campanha, as respostas do biomarcadores integrados estão representados por um gráfico de radar no qual as respostas dos peixes de CN estão representadas em verde (—), de CP em violeta (—), de DA em preto (—) e de DQ em vermelho (—), seguidos de um gráfico de barras no qual está representado o valor do Índice de Integração de Respostas de Biomarcadores versão 2 (IBRv2), sendo neste gráfico a linha verde representativa dos peixes do ponto CN, e as barras violeta, preta e vermelha dos pontos CP, DA e DQ, respectivamente.

SOD - BRÂNQUIA: superóxido dismutase em tecido branquial; CAT - BRÂNQUIA: catalase em tecido branquial; GPx - BRÂNQUIA: glutathione peroxidase em tecido branquial; GST - BRÂNQUIA: glutathione S-transferase em tecido branquial; GR - BRÂNQUIA: glutathione reductase em tecido branquial.

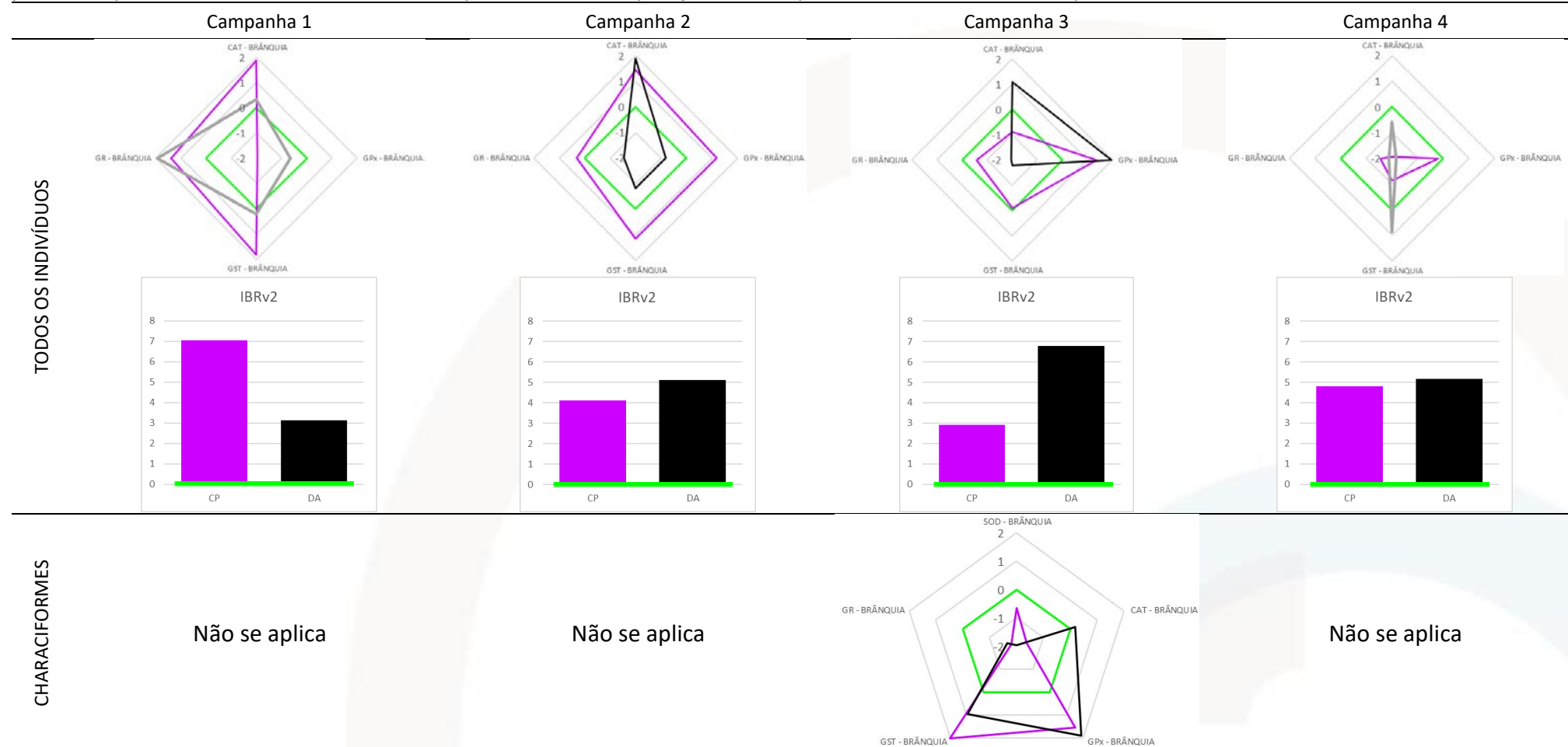
Ao avaliarmos a integração dos biomarcadores, ainda no compartimento 1 (Tabela 16), apenas para os pontos CN, CP e DA, observa-se que o ponto CP apresenta as maiores alterações em relação ao ponto CN (maior IBRV2) apenas na 1ª campanha, ao passo que nas demais campanhas (2ª, 3ª e 4ª) as maiores alterações foram observadas no ponto DA, embora na 4ª campanha a diferença entre o ponto CP e DA tenha sido menos expressiva. Na 1ª campanha observa-se que CP apresentou expressivo aumento da atividade das enzimas GST, GR e CAT, associado à expressiva diminuição da atividade da GPX, ao passo que em DA, embora as mesmas alterações enzimáticas tenham sido observadas, apenas a atividade da GR apresentou expressiva diferença em relação à atividade observada em CN, na 2ª e na 3ª campanha, destaca-se, no ponto DA, o aumento da atividade da CAT, associado à diminuição das atividades da GR e da GST e à diminuição da atividade da GPx na 2ª campanha e aumento desta mesma enzima na 3ª campanha, em conjunto, estas observações indicam que em DA o sistema antioxidante, por meio das enzimas CAT e GPx esta sendo ativado para a remoção das EROs, as quais possivelmente se encontram em excesso devido à indução de sua produção pelos contaminantes presentes no meio e consequentemente absorvidos pelo tecido branquial destes peixes. Na 4ª campanha, em contrapartida, pode ser observado, em DA, a diminuição da atividade das enzimas associadas ao sistema antioxidante (CAT, GPx e GR), ao passo que a GST esteve aumentada, sendo esta uma enzima do sistema de biotransformação, que atua no processo de eliminação de metabólitos tóxicos aos organismos.

Ainda considerando apenas os pontos CN, CP e DA (Tabela 10), ao agruparmos os peixes de acordo com sua ordem, os Characiformes, avaliados em todos os pontos apenas na 3ª campanha, apresentaram as maiores alterações no ponto CP, sendo observado tanto em CP, quanto em DA uma redução na atividade das enzimas SOD e GR, associada ao aumento da atividade das enzimas GPx e GST, indicando que em ambos os pontos há prejuízo ou ativação tanto do sistema antioxidante, quanto o de biotransformação. Já os Cichliformes, avaliados na 1ª, 3ª e 4ª campanhas, apresentaram, na 1ª campanha, o maior valor de IBRV2 no ponto CP, enquanto na 3ª e na 4ª campanha o maior valor de IBRV2 foi observado no ponto DA. Observa-se, nas respostas dos peixes desta ordem, capturados no ponto DA, nas estações secas (1ª e 4ª campanha) que as atividades das enzimas dos sistemas antioxidante e de biotransformação se encontram no geral diminuídas em relação à CN (com exceção da atividade da GR na 1ª campanha), ao passo que na 3ª campanha, a qual corresponde ao período chuvoso, associado ao aumento da ressuspensão dos compostos tóxicos presentes nos sedimentos depositados no leito do rio, observa-se um expressivo aumento na atividade de todas as enzimas avaliadas na integração dos biomarcadores, denotando ativação destes sistemas para a manutenção da homeostase no tecido branquial destes peixes. Os peixes da ordem Siluriformes, avaliados no compartimento 1 apenas na 2ª e na 3ª campanha, apresentaram maior IBRV2 no ponto CP, na 2ª campanha, e no ponto DA, na 3ª campanha. Destaca-se que nos peixes desta ordem a atividade da

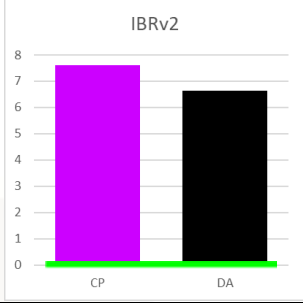
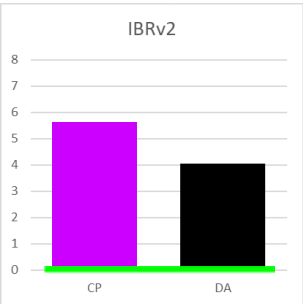
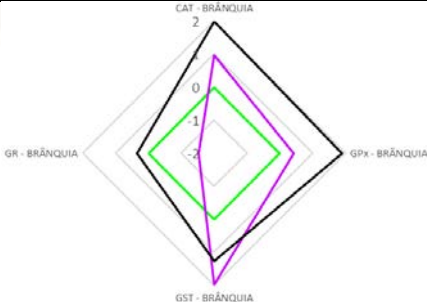
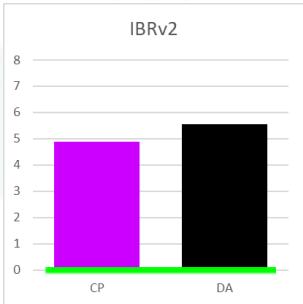
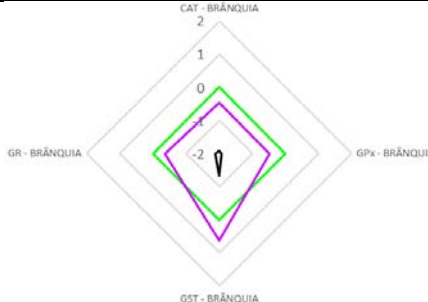
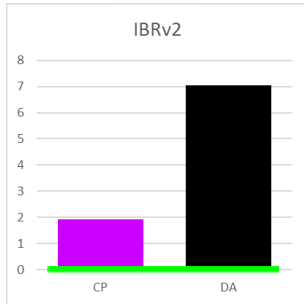
SOD esteve reduzida em relação à atividade observada para os peixes do ponto CN, tanto nos peixes de CP, quanto de DA, nas duas campanhas em que estes foram amostrados, sendo estas correspondentes às campanhas realizadas no período chuvoso. Ainda, nota-se que na 2ª campanha os peixes de CP apresentaram maior atividade da GST e menor atividade da GPx, enquanto na 3ª campanha tanto estes, como os peixes de DA apresentaram um comportamento inverso, com menor atividade da GST e maior atividade da GPx, sempre considerando como valor basal a atividade apresentada pelos peixes Siluriformes do ponto CN

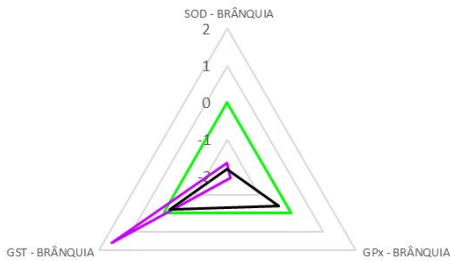
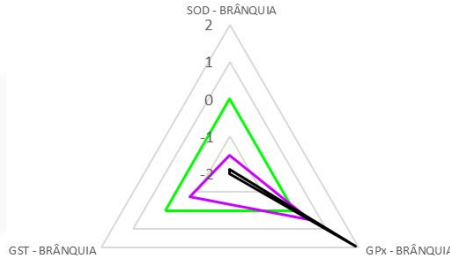
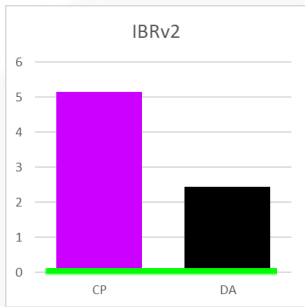
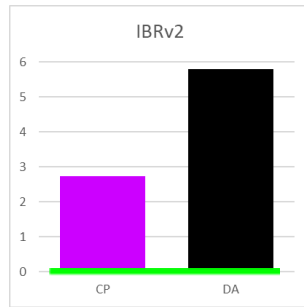
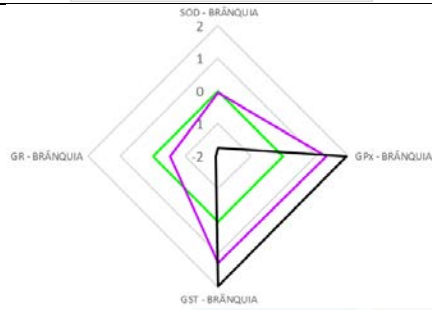
Nos agrupamentos segundo o hábito alimentar, nota-se que os ictiófagos, avaliados apenas na 3ª campanha, apresentaram o maior IBRv2 no ponto DA, reflexo da expressiva diminuição das atividades da SOD e da GR e do expressivo aumento da atividade da GPx e da GST. Por fim, nos invertívoros bentônicos, na 2ª, 3ª e 4ª campanhas também foi observado o maior valor de IBRv2 no ponto DA, com destaque à atividade da CAT que esteve aumentada e da GST que esteve diminuída neste ponto na estação chuvosa (2ª e 3ª campanha), enquanto na 1ª campanha estas enzimas não apresentaram alteração e na 4ª campanha a CAT esteve diminuída e a GST aumentada, sendo estas campanhas realizadas no período de seca.

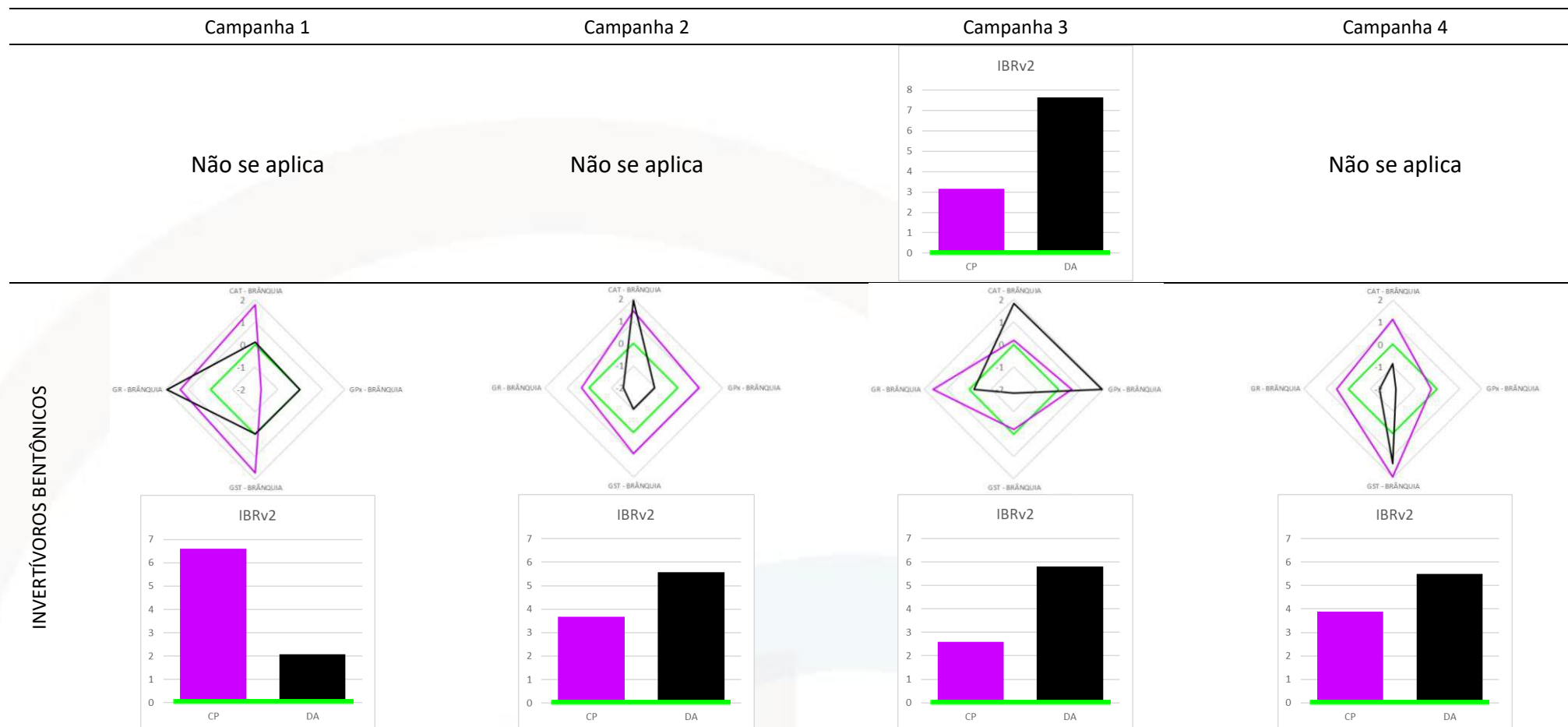
Tabela 16. Índice integrado de Respostas dos Biomarcadores (IBRv2) enzimáticos dos sistemas antioxidante e de biotransformação de tecido branquial dos peixes dos pontos amostrais CN, CP e DA do compartimento 1, comparação entre os pontos em cada uma das campanhas amostrais.





	Campanha 1	Campanha 2	Campanha 3	Campanha 4
	Não se aplica	Não se aplica		Não se aplica
CICHLIFORMES	 	Não se aplica	 	 
		Não se aplica		

	Campanha 1	Campanha 2	Campanha 3	Campanha 4
SILURIFORMES	Não se aplica			Não se aplica
	Não se aplica			Não se aplica
ICTIÓFAGOS	Não se aplica	Não se aplica		Não se aplica



Não se aplica: indica que o IBRv2 não foi aplicado no agrupamento seja por ausência ou insuficiência de n amostral na campanha em questão.

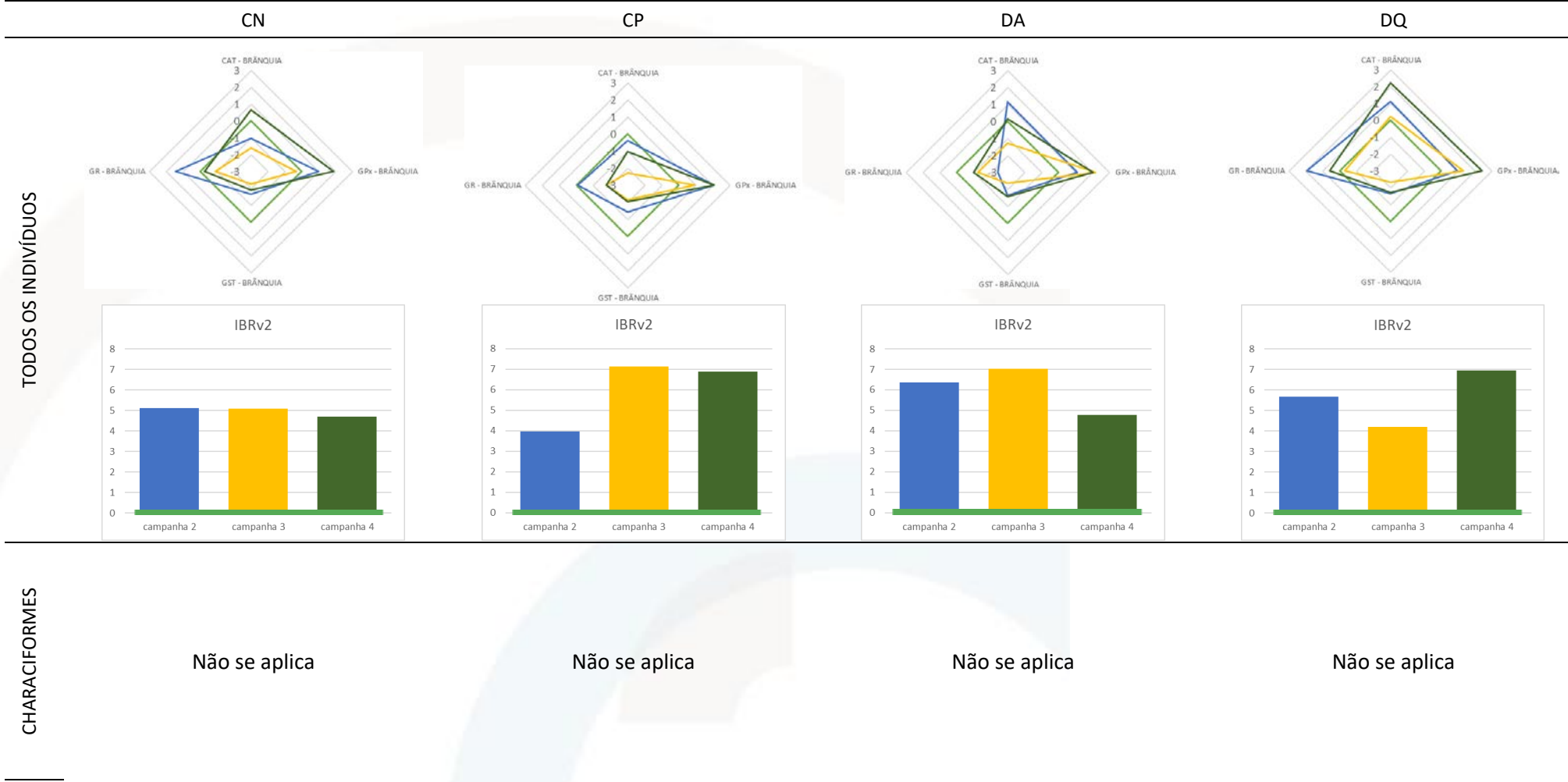
Para cada agrupamento (todos os indivíduos, Characiformes, Cichliformes, Siluriformes, ictiófagos e invertívoros bentônicos) e campanha, as respostas do biomarcadores integrados estão representados por um gráfico de radar no qual as respostas dos peixes de CN estão representadas em verde (--), de CP em violeta (--) e de DA em preto (--), seguidos de um gráfico de barras no qual está representado o valor do Índice de Integração de Respostas de Biomarcadores versão 2 (IBRv2), sendo neste gráfico a linha verde representativa dos peixes do ponto CN, e as barras violeta e preta dos pontos CP e DA, respectivamente.

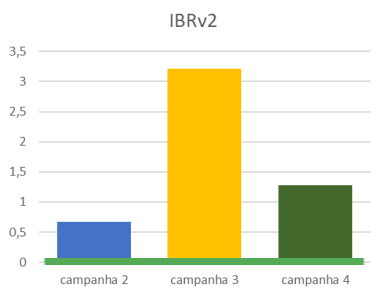
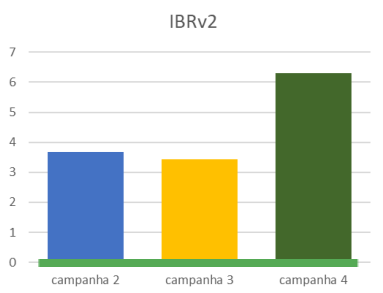
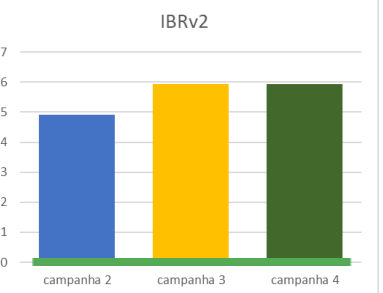
SOD - BRÂNQUIA: superóxido dismutase em tecido branquial; CAT - BRÂNQUIA: catalase em tecido branquial; GPx - BRÂNQUIA: glutathione peroxidase em tecido branquial; GST - BRÂNQUIA: glutathione S-transferase em tecido branquial; GR - BRÂNQUIA: glutathione redutase em tecido branquial.

Nas avaliação de cada um dos pontos amostrais entre as diferentes campanhas, considerando todos os peixes capturados neste compartimento, observa-se que o ponto CN apresentou estabilidade nos valores de IBRv2 ao longo das campanhas 2, 3 e 4, o ponto CP, por sua vez, apresentou maiores valores de IBRv2 nas campanhas 3 e 4, enquanto no ponto DA os maiores valores foram observados nas campanhas 3 e 2, respectivamente, por fim, no ponto DQ o maior valor de IBRv2 foi encontrado na campanha 4, seguido pela campanha 2 e pela campanha 3, respectivamente. Os peixes da ordem Characiformes foram em todas as campanhas apenas no ponto CN, sendo neste caso observado o maior valor de IBRv2 na campanha 3. A ordem Cichliformes foi avaliada em todas as campanhas apenas no ponto CN e CP, em CN o maior valor de IBRv2 foi observado na 4ª campanha, enquanto em CP a 3ª e a 4ª campanhas apresentaram os maiores valores de IBRv2, sendo os mesmos semelhantes entre si. Em relação à ordem Siluriformes, avaliada em todas as campanhas apenas no ponto CN, as campanhas 2 e 3 apresentaram valores de IBRv2 semelhantes entre si, sendo os mesmos maiores do que o observado na campanha 4. No agrupamento de acordo com o hábito alimentar apenas o hábito invertívoro bentônico, nos pontos CN, CP e DA, foi avaliada em todas as campanhas. Neste caso, os peixes do ponto CN apresentaram os maiores valores de IBRv2 na 2ª e na 4ª campanha, sendo os mesmos semelhantes entre si, ao passo que no ponto CP o maior valor de IBRv2 foi observado na campanha 3, seguido da campanha 4, por fim, no ponto DA, os peixes invertívoros bentônicos da 2ª e da 3ª campanha apresentaram o maior valor de IBRv2, sendo estes semelhantes entre si (Tabela 17).

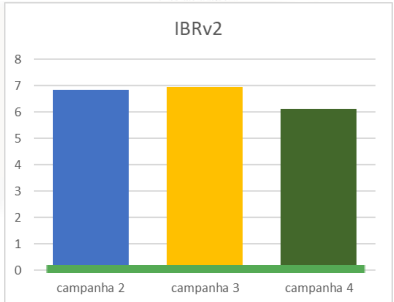
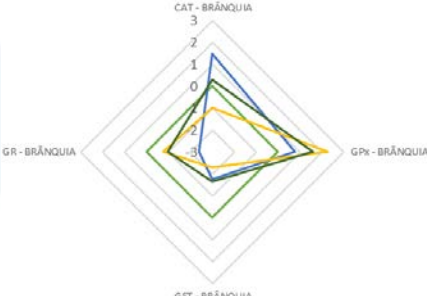


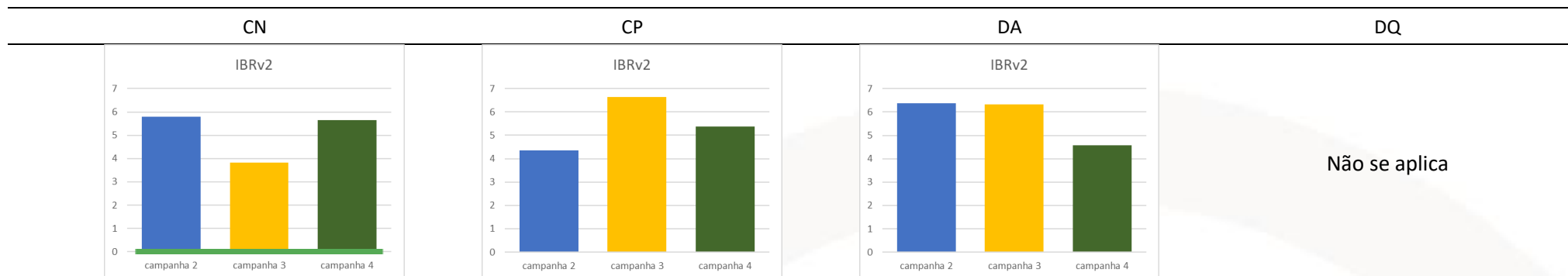
Tabela 17. Índice integrado de Respostas dos Biomarcadores (IBRv2) enzimáticos dos sistemas antioxidante e de biotransformação do tecido branquial dos peixes dos pontos amostrais CN, CP, DA e DQ do compartimento 1, comparação entre as campanhas



		CN	CP	DA	DQ
CICHLIFORMES		IBRv2 	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
				Não se aplica	Não se aplica
		IBRv2 	IBRv2 	Não se aplica	Não se aplica



	CN	CP	DA	DQ
SILURIFORMES		Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
		Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
INVERTÍVOROS BENTÔNICOS				Não se aplica



Não se aplica: indica que o IBRv2 não foi aplicado no agrupamento seja por ausência ou insuficiência de **n** amostral na campanha em questão.

Para cada agrupamento (todos os indivíduos, Characiformes, Cichliformes, Siluriformes, ictiófagos e invertívoros bentônicos) e ponto amostral, as respostas do biomarcadores integrados estão representados por um gráfico de radar no qual as respostas dos peixes capturados na 1ª campanha estão representadas em verde claro (—), da 2ª campanha em azul (—), da 3ª campanha em amarelos (—) e da 4ª campanha em verde escuro (—), seguidos de um gráfico de barras no qual está representado o valor do Índice de Integração de Respostas de Biomarcadores versão 2 (IBRv2), sendo neste gráfico a linha verde clara representativa dos peixes capturados na 1ª campanha e as barras azul, amarela e verde escuro dos peixes peixes capturados na 2ª, 3ª e 4ª campanha, respectivamente.

SOD - BRÂNQUIA: superóxido dismutase em tecido branquial; CAT - BRÂNQUIA: catalase em tecido branquial; GPx - BRÂNQUIA: glutathione peroxidase em tecido branquial; GST - BRÂNQUIA: glutathione S-transferase em tecido branquial; GR - BRÂNQUIA: glutathione reductase em tecido branquial.

3.1.1.1.6. Biomarcadores enzimáticos dos sistemas antioxidante e de biotransformação no tecido hepático – SOD, CAT, GPx, GST e GR

Na integração dos biomarcadores dos sistemas antioxidante e de biotransformação em fígado, no compartimento 1, quando considerado todos os peixes coletados em cada um dos pontos amostrados (CN, CP, DA e DQ), observa-se que, acompanhando a Tabela 18, na 1ª campanha o ponto DQ foi o que apresentou as maiores alterações em relação ao ponto CN, o que pode ser observado pelo alto valor do IBRv2, ainda nesta campanha, o ponto DA também apresentou valor de IBRv2 superior ao do ponto CP. Na 2ª campanha, no entanto, o ponto DA foi o que apresentou o maior valor de IBRv2, estando os pontos CP e DQ com valores de IBRv2 bastante similares. Na 3ª campanha, tanto DA quanto DQ apresentaram as maiores alterações em relação ao ponto CP, o que pode ser observado pelo elevado valor de IBRv2 em ambos. Por fim, na 4ª campanha observa-se que CP, DA e DQ apresentaram valores similares de IBRv2, com o ponto CP tendo o maior valor entre os três pontos. Destaca-se na 1ª campanha que os pontos CP e DA apresentaram respostas semelhantes para alguns dos biomarcadores avaliados na integração, como aumento da atividade GST e a redução da atividade da GR, já o ponto DQ, nesta mesma campanha, apresentou respostas diferentes dos demais pontos, com expressivo aumento da atividade da GPx e da GR associado à também expressiva redução das atividades da SOD, CAT e GST. Assim, nota-se que no ponto DQ está ocorrendo um grande prejuízo aos sistemas antioxidante e de biotransformação. Na 2ª campanha, CP e DQ apresentaram respostas mais semelhantes entre si, com aumento da atividade da CAT e pouca ou nenhuma alteração na atividade das enzimas GST, GR e SOD, já no ponto DA, no qual foi observado o maior valor de IBRv2, observa-se que a atividade da CAT esteve aumentada, enquanto todos os outros biomarcadores avaliados na integração (SOD, GPx, GST e GR) apresentaram expressiva redução em suas atividades, denotando grande prejuízo aos sistemas antioxidante e de biotransformação nos peixes deste ponto amostral. De maneira semelhante, na 3ª campanha, os peixes dos pontos DA e DQ apresentaram redução na atividade de várias enzimas do sistema antioxidante e/ou de biotransformação, indicando novamente prejuízo a saúde destes peixes. Na 4ª campanha, embora CP, DA e DQ tenham apresentado valores de IBRv2 semelhantes, as alterações observadas nas respostas dos biomarcadores para cada um dos pontos foi diferente pois em CPO observa-se que houve um pequeno aumento na atividade da GR, ao passo que as demais enzimas estiveram com suas atividades menores do que observado no ponto CN, no ponto DA por sua vez, a SOD e a CAT apresentaram um pequeno aumento em sua atividade, enquanto as demais enzimas estiveram com suas atividades diminuídas, por fim, no ponto DQ a GPx esteve com sua atividade diminuída, a GST não foi alterada e as demais enzimas apresentaram aumento em suas atividades.

Ao avaliarmos apenas os indivíduos da ordem Characiformes, a integração dos biomarcadores foi aplicada apenas na 3ª campanha, sendo observado que o maior valor de IBRv2 neste grupo foi apresentado pelos peixes do ponto CP, seguido do ponto DA e do ponto DQ, respectivamente. Neste agrupamento, os peixes dos três pontos apresentaram respostas semelhantes, as quais incluem aumento da atividade da SOD, da CAT e da GST e diminuição da atividade da GR, ainda, em CP e DQ observou-se aumento da GPx, ao passo que em DA esta enzima esteve com sua atividade reduzida. Entretanto, mesmo com tantas semelhanças nas respostas observadas, indicando especialmente que os sistemas antioxidante e de biotransformação estão sendo ativados para a manutenção da homeostase, fica evidente que as intensidades em que os peixes Characiformes foram afetados em cada um dos pontos amostrais diferiu significativamente.

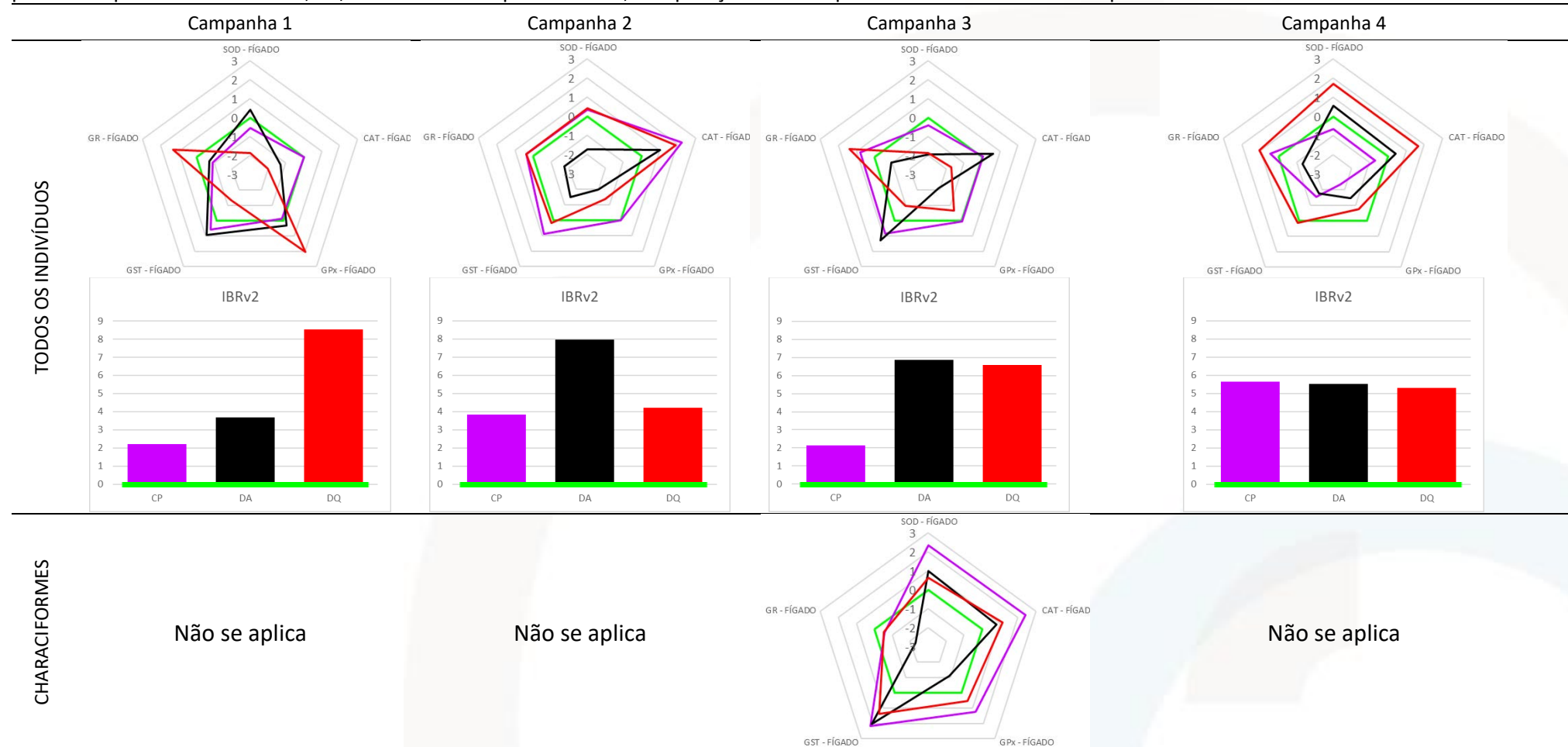
Em relação aos peixes Cichliformes, avaliados na 3ª e na 4ª campanha, observa-se que na 3ª campanha os peixes desta ordem apresentaram um padrão de IBRv2 oposto ao observado nos peixes da ordem Characiformes, sendo o maior valor de IBRv2 observado no ponto DQ, seguido do ponto DA e do ponto CP, respectivamente, já na 4ª campanha, o ponto DA foi o que apresentou o maior valor de IBRv2, seguido do ponto DQ e do ponto CP, respectivamente. Na 3ª campanha fica evidente que o sistema antioxidante dos peixes Cichliformes de DQ está sofrendo um grande prejuízo, uma vez que as atividades da SOD, CAT e GPx se encontram diminuídas, evidenciando que este sistema possivelmente não está apto para atuar como defesa contra as EROs, já em DA, nesta mesma campanha há um pequeno aumento na atividade da CAT, porém, as demais enzimas do sistema antioxidante (SOD e GPx) estão com suas atividades reduzidas, ainda no ponto DA pode ser observado que há um aumento na atividade da GST, indicando que o sistema de biotransformação está sendo ativado nos peixes Cichliformes deste ponto amostral. Na 4ª campanha o prejuízo aos sistemas antioxidante e de biotransformação fica ainda mais evidente nos peixes Cichliformes do ponto DA uma vez que todas as enzimas avaliadas na integração (SOD, CAT, GPx, GST e GR) apresentaram suas atividades reduzidas em relação ao observado para o ponto CN. De maneira similar, porém com menor intensidade, algumas enzimas também apresentaram atividade reduzida no ponto CP, ao passo que em DQ apenas a atividade da GPx esteve reduzida e a GR e a SOD estiveram aumentadas, sem alteração nas atividades da CAT e da GST, indicando que o sistema antioxidante, embora também tenha sido afetado no ponto DQ ainda apresenta capacidade de defesa contra o excesso de EROs que possam estar sendo formadas devido à presença dos EPTs no meio.

Em relação aos hábitos alimentares, os peixes ictiófagos, os quais assim como os peixes da ordem Characiformes, foram avaliados em todos os pontos apenas na 3ª campanha, apresentaram o maior valor de IBRv2 no ponto DA, seguido do ponto CP e do ponto DQ, respectivamente. O elevado valor de IBRv2 observado no ponto DA reflete o grande aumento da atividade da GST, associado à também grande redução na atividade da GPx e da GR. Apenas avaliando a diminuição da GPx não se

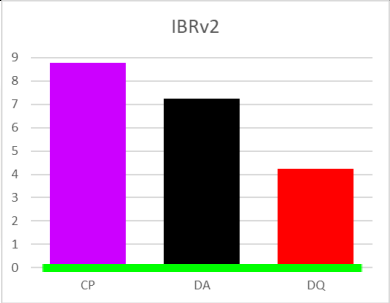
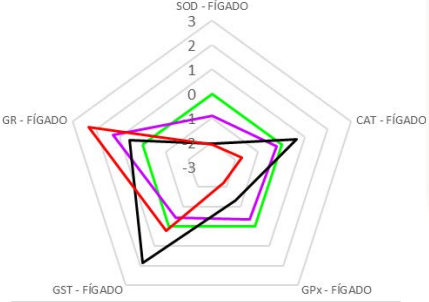
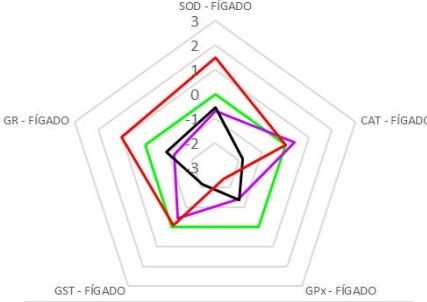
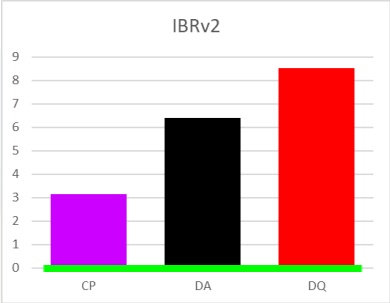
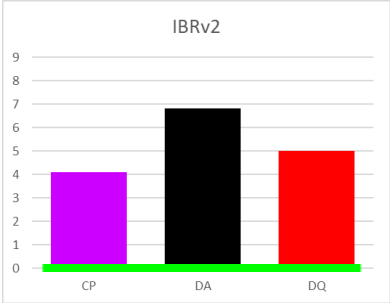
pode afirmar que há prejuízo ao sistema antioxidante, mas dado o fato de que há uma aumentada atividade de GST, com consequente aumento do consumo de GSH, e que a GR, que seria responsável pela reposição deste GSH consumido pelas atividades enzimáticas, está com sua atividade reduzida, é plausível inferir que tanto o sistema antioxidante quanto o de biotransformação serão afetados pela depleção de GSH, possivelmente a curto prazo. De maneira semelhante, porém menos expressiva, nos peixes ictiófagos de DQ pode também ser observado o aumento da atividade da GST, associado à diminuição da atividade da GR, levando a concluir que os contaminantes presentes no meio, proveniente da lama de rejeitos, os quais são consequentemente bioacumulados e/ou biomagnificados, estão agindo de forma semelhante nos peixes ictiófagos tanto de DA, quanto de DQ. Já em CP, observa-se que há uma evidente ativação do sistema antioxidante, por meio do aumento das atividades das enzimas SOD, CAT e GPx, ao passo que os demais biomarcadores avaliados nesta integração (GST e GR) foram pouco ou nada alterados.

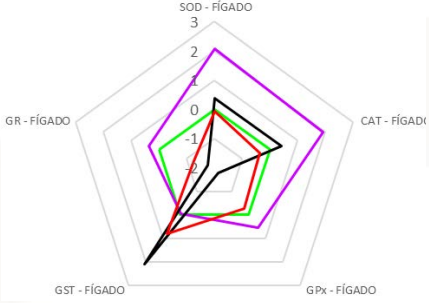
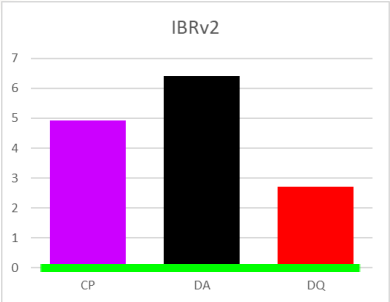
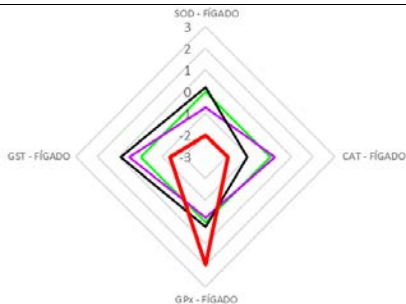
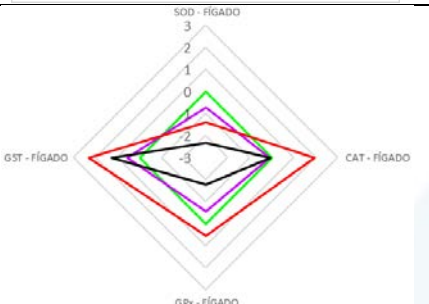
Já os peixes de hábito alimentar invertívoro bentônico, avaliados em todos os pontos na 1ª e na 3ª campanha, apresentaram o maior valor de IBRV2 no ponto DQ, em ambas as campanhas, seguido do ponto DA e do ponto CP, respectivamente. Na 1ª campanha, realizada no período seco, está evidente que os peixes invertívoros bentônicos do ponto DQ apresentaram mais alterações nos biomarcadores relacionados aos sistemas antioxidante e de biotransformação do que os peixes dos demais pontos amostrais (CP e DA), nestas alterações destacam-se a expressiva redução da atividade das enzimas SOD, CAT e GST e o aumento também pronunciado da atividade da GPx. Já na 3ª campanha, realizada no período chuvoso, nota-se que os peixes invertívoros bentônicos de DQ ainda foram os que apresentaram maiores alterações, no entanto, os peixes de DA também apresentaram alterações significativas. Nesta campanha, tanto em DA quanto em DQ observa-se diminuição da atividade da SOD e aumento da atividade da GST, ao passo que a atividade da CAT não esteve alterada em DA e esteve aumentada em DQ, e a atividade da GPx esteve diminuída em DA e aumentada em DQ, indicando que em embora em ambos os pontos (DA e DQ) os peixes estejam sofrendo prejuízos devido à contaminação proveniente do desastre, estes contaminantes apresentam efeitos diferentes sobre estes peixes, o que pode estar relacionado às diferentes misturas de EPTs biodisponíveis em cada um dos pontos, ou ainda às diferenças na comunidade de peixes que os habitam.

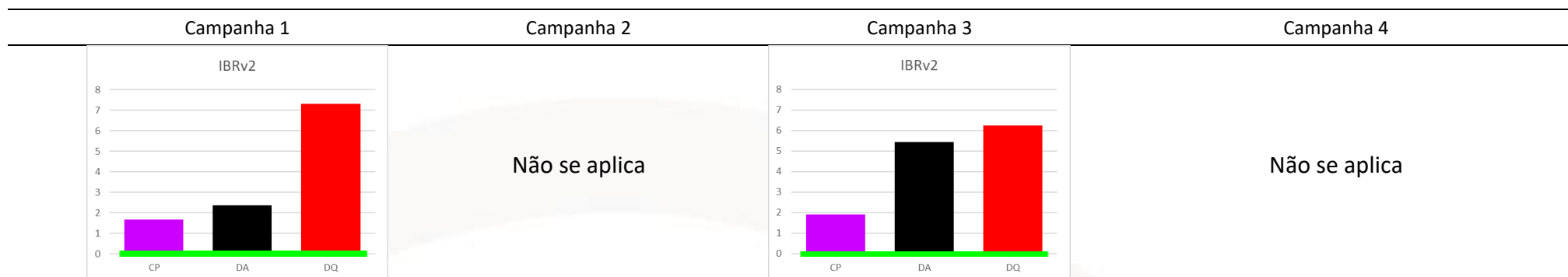
Tabela 18. Índice integrado de Respostas dos Biomarcadores (IBRv2) enzimáticos dos sistemas antioxidante e de biotransformação de tecido hepático dos peixes dos pontos amostrais CN, CP, DA e DQ do compartimento 1, comparação entre os pontos em cada uma das campanhas amostrais.





	Campanha 1	Campanha 2	Campanha 3	Campanha 4
CICHLIFORMES	Não se aplica	Não se aplica		Não se aplica
	Não se aplica	Não se aplica		
	Não se aplica	Não se aplica		

	Campanha 1	Campanha 2	Campanha 3	Campanha 4
ICTÍÓFAGOS	Não se aplica	Não se aplica	 	Não se aplica
	Não se aplica	Não se aplica		Não se aplica
INVERTÍVOROS BENTÔNICOS		Não se aplica		Não se aplica



Não se aplica: indica que o IBRv2 não foi aplicado no agrupamento seja por ausência ou insuficiência de **n** amostral na campanha em questão.

Para cada agrupamento (todos os indivíduos, Characiformes, Cichliformes, ictiófagos e invertívoros bentônicos) e campanha, as respostas do biomarcadores integrados estão representados por um gráfico de radar no qual as respostas dos peixes de CN estão representadas em verde (—), de CP em violeta (—), de DA em preto (—) e de DQ em vermelho (—), seguidos de um gráfico de barras no qual está representado o valor do Índice de Integração de Respostas de Biomarcadores versão 2 (IBRv2), sendo neste gráfico a linha verde representativa dos peixes do ponto CN, e as barras violeta, preta e vermelha dos pontos CP, DA e DQ, respectivamente.

SOD - FÍGADO: superóxido dismutase em tecido hepático; CAT - FÍGADO: catalase em tecido hepático; GPx - FÍGADO: glutathione peroxidase em tecido hepático; GST - FÍGADO: glutathione S-transferase em tecido hepático; GR - FÍGADO: glutathione reductase em tecido hepático.

Ao considerar apenas os pontos CN, CP e DA, como apresentado na Tabela 19, observa-se que quando avaliados todos os peixes coletados nestes pontos, o ponto DA apresentou o maior valor de IBRV2 nas campanhas 1, 2 e 3, enquanto na campanha 4, CP e DA apresentaram valor semelhante deste índice. Na 1ª campanha destaca-se, além do aumento da atividade da SOD e da redução da atividade da CAT, que em DA a atividade das enzimas GPx e GST estão aumentadas, indicando que o consumo de GSH está também aumentado, no entanto, a atividade da GR se encontra diminuída neste mesmo ponto e campanha, o que representa que além das alterações observadas nos sistemas antioxidante e de biotransformação, os peixes de DA possivelmente estarão sofrendo danos em decorrência da ausência de GSH, uma vez que esta é considerada a principal molécula antioxidante do organismo. Já na 2ª e na 3ª campanha, à exceção da atividade da GST que esteve diminuída na 2ª e aumentada na 3ª campanha, os demais biomarcadores apresentaram as mesmas respostas nas duas campanhas, estando a atividade da CAT aumentada e da SOD, GPx e GR reduzidas, indicando que especialmente o sistema antioxidante está sendo prejudicado, o que pode culminar em danos uma vez que as enzimas deste sistema podem não estar exercendo seu papel de defesa contra as EROs. Por fim, na 4ª campanha, na qual CP e DA apresentaram valores semelhantes de IBRV2, nota-se que embora semelhantes, os IBRV2 refletem diferentes alterações nos biomarcadores avaliados na integração (SOD, CAT, GPx, GST e GR), pois em CP apenas a GR apresentou atividade aumentada, enquanto as demais enzimas estavam com suas atividades reduzidas, em DA, por sua vez, SOD e CAT apresentaram elevação em suas atividades, enquanto as demais enzimas apresentaram redução. No contexto geral, a avaliação do IBRV2 e das alterações enzimáticas evidenciou que nas três primeiras campanhas o ponto DA foi o que mais sofreu prejuízos, com destaque às expressivas reduções nas atividades enzimáticas observadas neste ponto, especialmente nestas três campanhas.

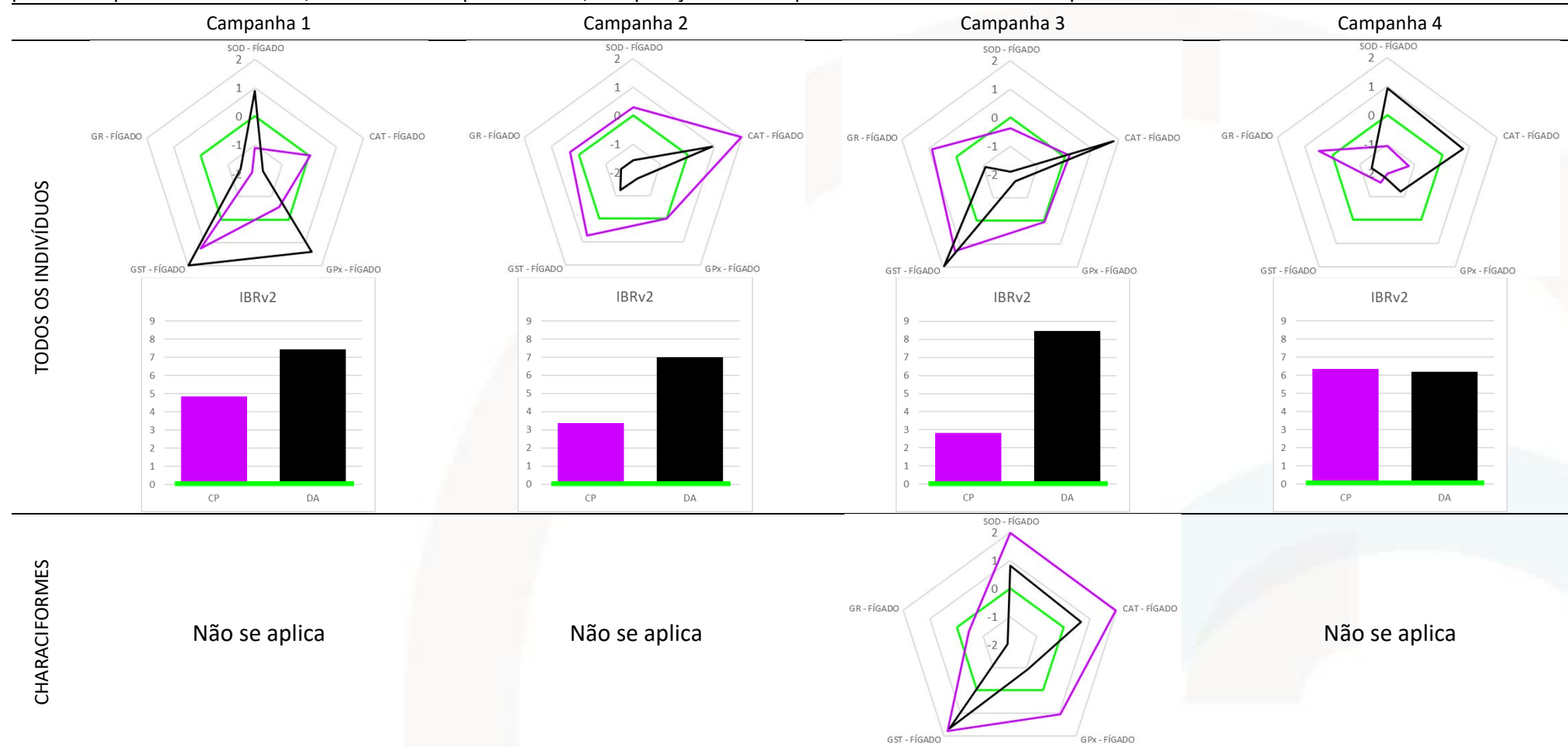
Nos agrupamentos de acordo com a ordem, os peixes Characiformes, avaliados apenas na 3ª campanha, apresentaram o maior valor de IBRV2 no ponto CP, refletindo especialmente o aumento das atividades das enzimas do sistema antioxidante e de biotransformação nos peixes Characiformes deste ponto, ao passo que DA todas as enzimas avaliadas na integração também sofreram alterações, embora de maneira geral em menor intensidade do que observado em CP. Os peixes da ordem Cichliformes, avaliados na 1ª, 3ª e 4ª campanha, apresentaram valor de IBRV2 semelhante entre os pontos CP e DA na 1ª campanha, isso se deu em decorrência das diversas alterações observadas em ambos os pontos, para todas as biomarcadores avaliados na integração, à exceção da GPx que não esteve alterada no ponto DA. No entanto, na 3ª e na 4ª campanha, para os peixes da ordem Cichliformes, o ponto DA foi o que apresentou o maior valor deste índice. Na 3ª campanha, em DA, pode ser observado o aumento da atividade da CAT, da GST e da GR, enquanto a SOD e a GPx se encontram reduzidas, já na 4ª campanha todos os biomarcadores avaliados se encontram com suas atividades reduzidas neste mesmo ponto, indicando maior extensão do prejuízo na 4ª campanha uma

vez que a redução das atividades enzimáticas implica na diminuição do potencial de proteção que os sistemas antioxidante e de biotransformação podem oferecer ao tecido hepático e consequentemente para o organismo como um todo.

Quanto aos agrupamentos de acordo com o hábito alimentar, observa-se que os ictiófagos, avaliados apenas na 3ª campanha apresentaram maior valor de IBRv2 no ponto DA, assim como os peixes de hábito alimentar invertívoro bentônico, na 1ª, 2ª e 3ª campanha, sendo apenas na 4ª campanha observado o maior valor de IBRv2 no ponto CP. Nos ictiófagos de DA, observa-se um pequeno aumento na atividade das enzimas SOD e CAT, porém, se destacam o aumento da atividade da GST e a diminuição da GPx e da GR. Já nos invertívoros bentônicos, que apresentaram maior IBRv2 em DA nas três primeiras campanhas, nota-se que em cada uma delas as alterações apresentadas foram no geral diferentes entre si. Na 1ª campanha a atividade da GR e da CAT apresentaram redução, enquanto a GPx e a GST apresentaram atividade aumentada; na 2ª campanha no entanto apenas a CAT apresentou aumento em sua atividade, ao passo que as demais enzimas, SOD, GPx, GST e GR, apresentaram expressiva redução em suas atividades; por fim, na 3ª campanha a GR apresentou atividade similar ao observado no ponto CN, a GST apresentou um expressivo aumento em sua atividade, enquanto a SOD, a CAT e a GPx apresentaram redução em suas atividades. Ainda em relação aos peixes de hábito alimentar invertívoro bentônico, observa-se que em embora os peixes de CP tenham também apresentado alterações em vários biomarcadores dos sistemas antioxidante e de biotransformação hepáticos, a única campanha em que estas alterações foram mais expressivas que em DA foi a 4ª, sendo nesta observado o maior valor de IBRv2 no ponto CP.

Neste agrupamento de biomarcadores (SOD, CAT, GPx, GST e GR) é possível avaliar, especialmente na 3ª campanha, uma vez que nesta campanha diferentes agrupamentos de peixes (todos, Characiformes, Cichliformes, ictiófagos e invertívoros bentônicos) puderam ser avaliados, como as condições ambientais no ponto DA, ou seja, os contaminantes presentes neste ponto, influenciam de diferentes maneiras estes diferentes agrupamentos. Neste caso, no ponto DA do compartimento 1, na 3ª campanha, a resposta comum a todos os agrupamentos avaliados foi o aumento da atividade da GST e a diminuição da atividade da GPx, enquanto que os demais biomarcadores apresentaram respostas diversas, como a GR que esteve aumentada nos Cichliformes e reduzidas nos Characiformes e nos ictiófagos, ao passo que a SOD esteve aumentada nos Characiformes e nos ictiófagos e diminuída nos Cichliformes e nos invertívoros bentônicos. Desta forma, pode-se afirmar que os peixes invertívoros bentônicos foram os mais afetados uma vez que as três enzimas do sistema antioxidante (SOD, CAT e GPx) apresentaram suas atividades reduzidas nos peixes do ponto DA, indicando que as defesas antioxidantes no tecido hepático destes organismos está prejudicada, o que potencialmente promoverá o estado de estresse oxidativo.

Tabela 19. Índice integrado de Respostas dos Biomarcadores (IBRv2) enzimáticos dos sistemas antioxidante e de biotransformação de tecido hepático dos peixes dos pontos amostrais CN, CP e DA do compartimento 1, comparação entre os pontos em cada uma das campanhas amostrais.





Campanha 1

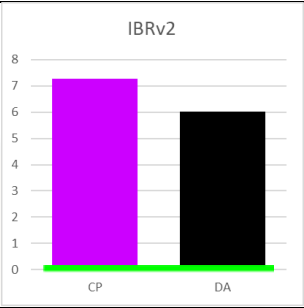
Campanha 2

Campanha 3

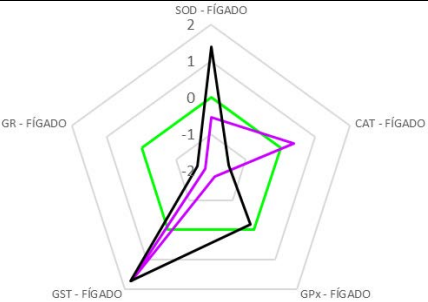
Campanha 4

Não se aplica

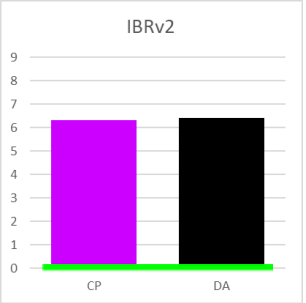
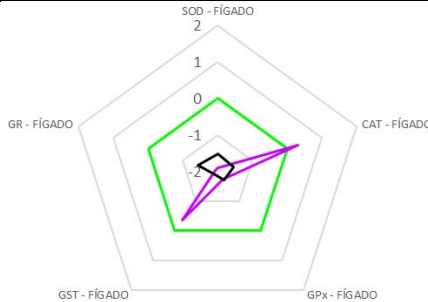
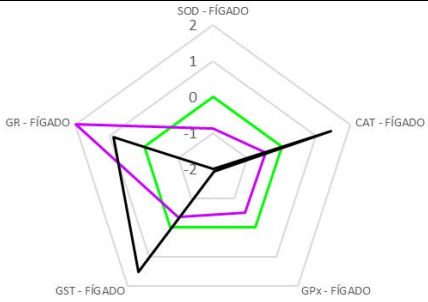
Não se aplica



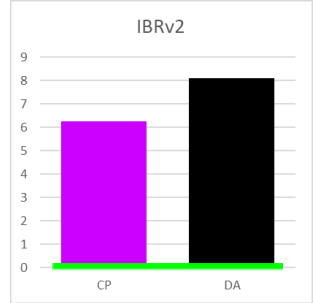
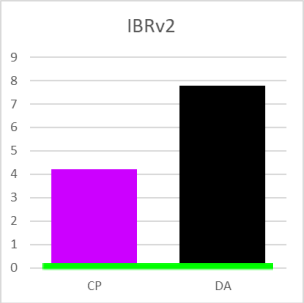
Não se aplica



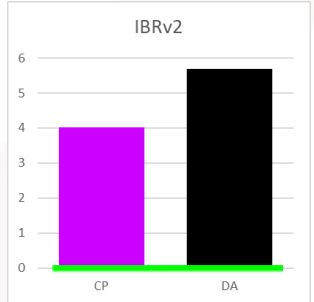
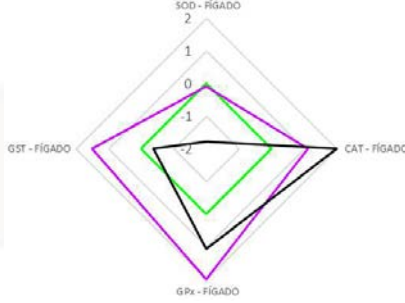
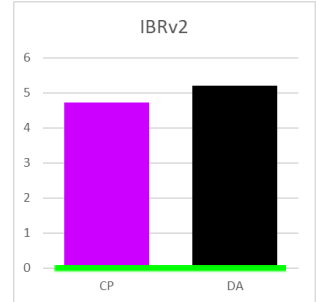
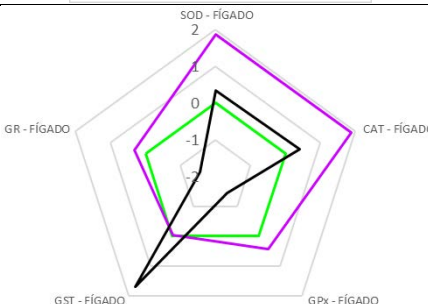
Não se aplica

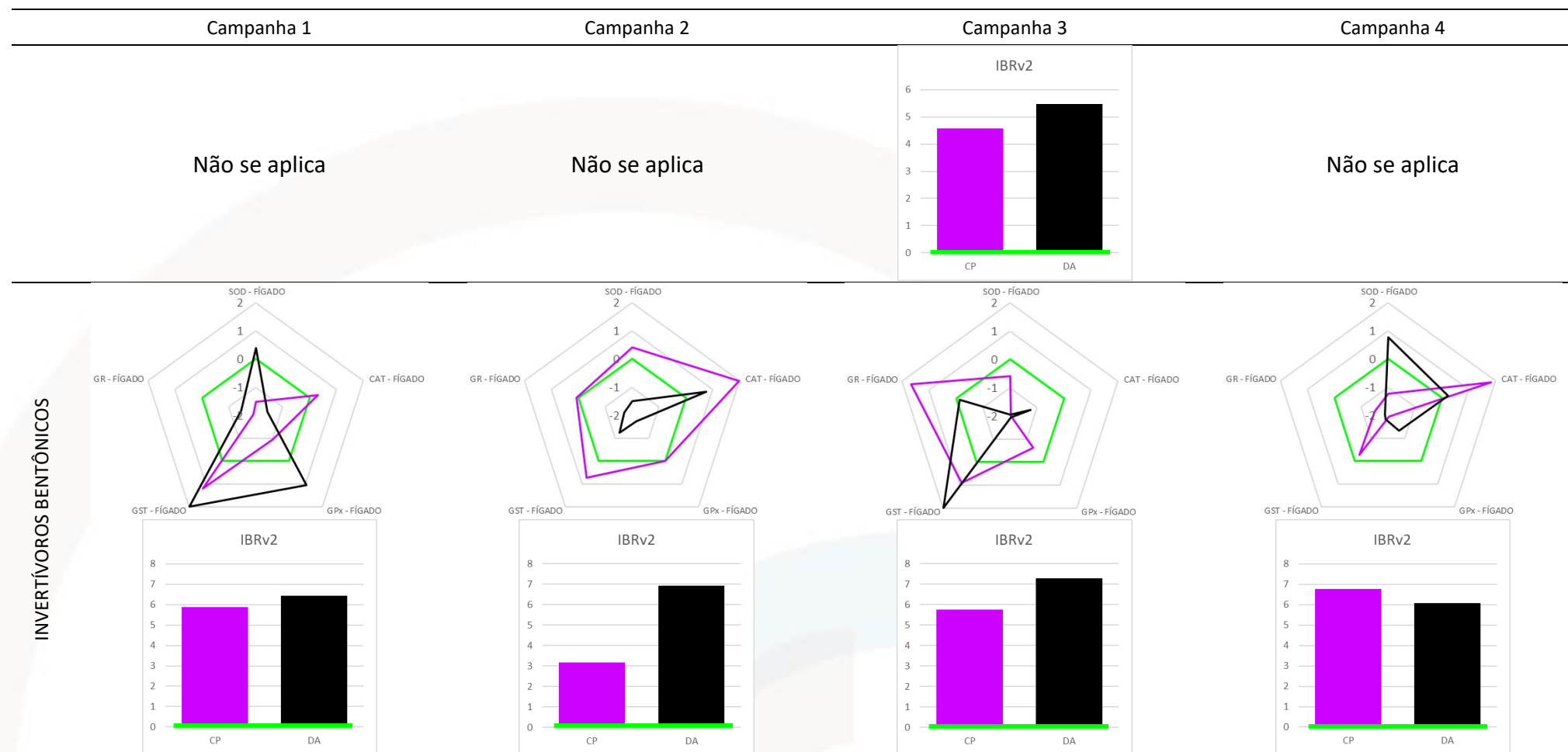


Não se aplica



CICHLIFORMES

	Campanha 1	Campanha 2	Campanha 3	Campanha 4
SILURIFORMES	Não se aplica	 	 	Não se aplica
	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
ICTIÓFAGOS	Não se aplica	Não se aplica		Não se aplica



Não se aplica: indica que o IBRv2 não foi aplicado no agrupamento seja por ausência ou insuficiência de **n** amostral na campanha em questão.

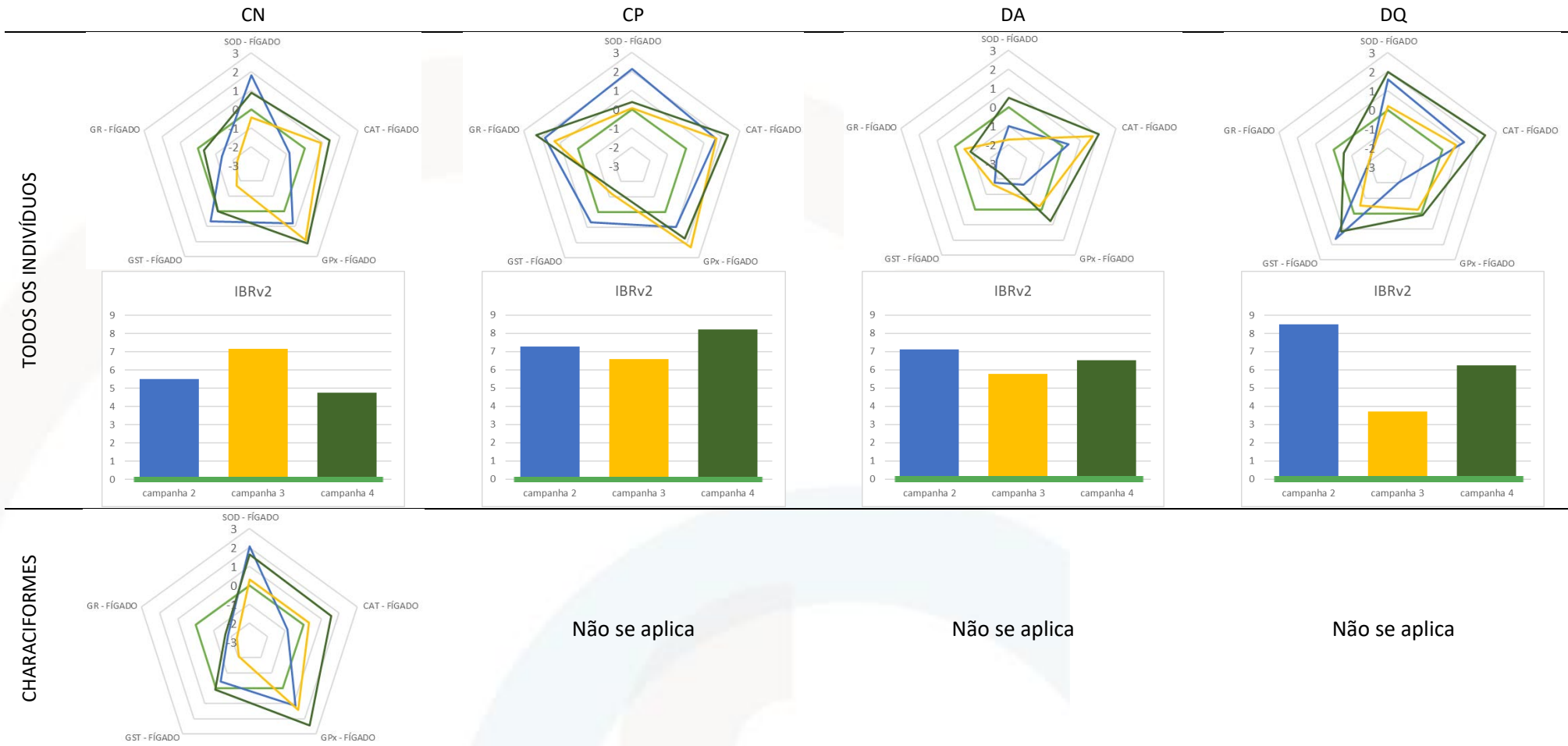
Para cada agrupamento (todos os indivíduos, Characiformes, Cichliformes, Siluriformes, Ictiófagos e invertívoros bentônicos) e campanha, as respostas dos biomarcadores integrados estão representados por um gráfico de radar no qual as respostas dos peixes de CN estão representadas em verde (—), de CP em violeta (—) e de DA em preto (—), seguidos de um gráfico de barras no qual está representado o valor do Índice de Integração de Respostas de Biomarcadores versão 2 (IBRv2), sendo neste gráfico a linha verde representativa dos peixes do ponto CN, e as barras violeta e preta dos pontos CP e DA, respectivamente.

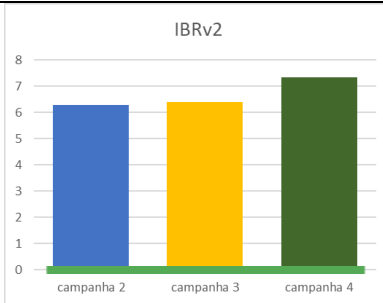
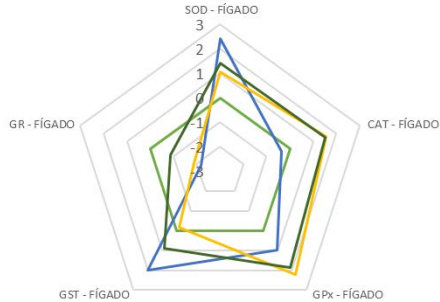
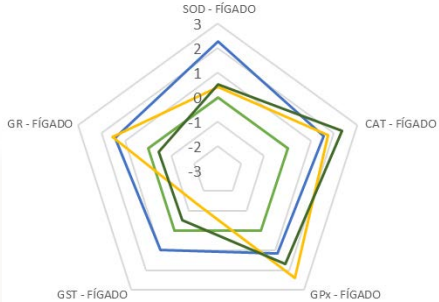
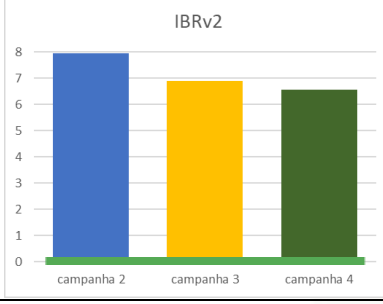
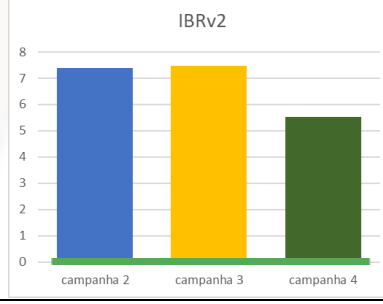
SOD - FÍGADO: superóxido dismutase em tecido hepático; CAT - FÍGADO: catalase em tecido hepático; GPx - FÍGADO: glutathione peroxidase em tecido hepático; GST - FÍGADO: glutathione S-transferase em tecido hepático; GR - FÍGADO: glutathione reductase em tecido hepático.

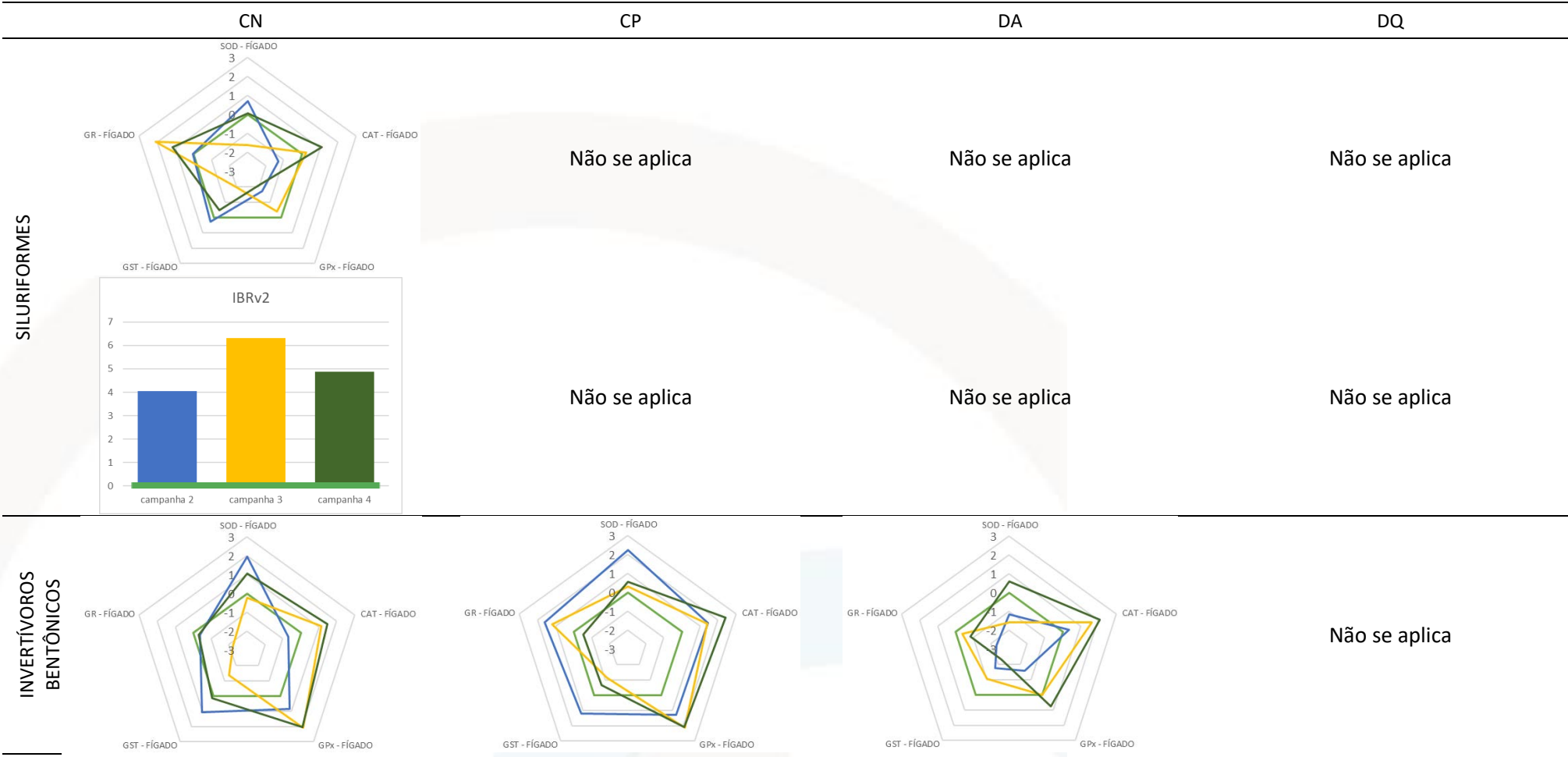
Ainda no compartimento 1, quando avaliados individualmente cada um dos pontos amostrais em relação às diferenças observadas entre as campanhas 2, 3 e 4 e a campanha 1 (Tabela 20), nota-se, na avaliação conjunta de todos os peixes capturados em cada ponto, que o maior valor de IBRv2 foi observado no ponto CN na campanha 3, no ponto CP na campanha 4 e nos pontos DA e DQ na campanha 2. No agrupamento dos peixes Characiformes, apenas pode ser avaliado em todas as campanha o ponto CN, no qual o maior valor de IBRv2 foi observado na campanha 4. Os Cichliformes, por sua vez, foram avaliados em todas as campanhas nos pontos CN e CP, sendo o maior IBRv2 observado na 2ª campanha no ponto CN e na 2ª e 3ª campanha no ponto CP. Os Siluriformes, avaliados apenas no ponto CN, apresentaram o maior IBRv2 na 3ª campanha. Em relação ao hábito alimentar invertívoro bentônico, o qual não foi avaliado apenas no ponto DQ, nota-se que no ponto CN o maior valor de IBRv2 aconteceu na 3ª campanha, ao passo que nos pontos CP e DA isto ocorreu na 2ª campanha.

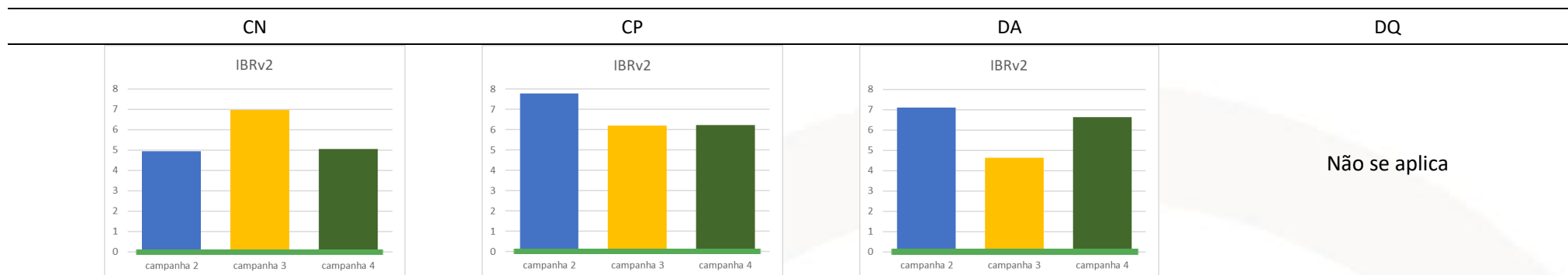


Tabela 20. Índice integrado de Respostas dos Biomarcadores (IBRv2) enzimáticos dos sistemas antioxidante e de biotransformação de tecido hepático dos peixes dos pontos amostrais CN, CP, DA e DQ do compartimento 1, comparação entre as campanhas.



	CN	CP	DA	DQ
	IBRv2 	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
CICHLIFORMES			Não se aplica	Não se aplica
	IBRv2 	IBRv2 	Não se aplica	Não se aplica





Não se aplica: indica que o IBRv2 não foi aplicado no agrupamento seja por ausência ou insuficiência de **n** amostral na campanha em questão.

Para cada agrupamento (todos os indivíduos, Characiformes, Cichliformes, Siluriformes, ictiófagos e invertívoros bentônicos) e ponto amostral, as respostas do biomarcadores integrados estão representados por um gráfico de radar no qual as respostas dos peixes capturados na 1ª campanha estão representadas em verde claro (→), da 2ª campanha em azul (→), da 3ª campanha em amarelos (→) e da 4ª campanha em verde escuro (→), seguidos de um gráfico de barras no qual está representado o valor do Índice de Integração de Respostas de Biomarcadores versão 2 (IBRv2), sendo neste gráfico a linha verde clara representativa dos peixes capturados na 1ª campanha e as barras azul, amarela e verde escuro dos peixes capturados na 2ª, 3ª e 4ª campanha, respectivamente.

SOD - FÍGADO: superóxido dismutase em tecido hepático; CAT - FÍGADO: catalase em tecido hepático; GPx - FÍGADO: glutathione peroxidase em tecido hepático; GST - FÍGADO: glutathione S-transferase em tecido hepático; GR - FÍGADO: glutathione reductase em tecido hepático.

3.1.1.1.7. Biomarcadores não enzimáticos no tecido branquial – GSH, MT e LPO

Na integração dos biomarcadores não enzimáticos, presentes no tecido branquial, observa-se, no compartimento 1 e considerando todos os peixes capturados em cada um dos pontos amostrais CN, CP, DA e DQ, mostrados na Tabela 21, que apenas na 1ª campanha foi observado maior valor de IBRv2 no ponto CP, ao passo que na 2ª e a na 3ª campanha o ponto DA foi o que apresentou maior valor de IBRv2, e na campanha 4 foi o ponto DQ. Na 1ª e na 2ª campanha observa-se que houve uma expressiva redução nos níveis de GSH no ponto CP e também no ponto DA, ao passo que a LPO esteve aumentada apenas no ponto DA na 1ª campanha e apenas no ponto DQ na 2ª campanha. Na 3ª campanha destaca-se o aumento da concentração de GSH em CP, DA e DQ, enquanto a LPO esteve aumentada apenas no ponto CP. Por fim, na 4ª campanha CP e DQ apresentaram redução da GSH, enquanto DA apresentou um pequeno aumento, e em relação à LPO apenas DQ apresentou aumento deste biomarcador. Desta forma, observa-se que o dano às membranas celulares, mensurado por meio da LPO, aconteceu em DA na 1ª campanha, em DQ na 2ª e na 4ª campanha e em CP na 2ª campanha.

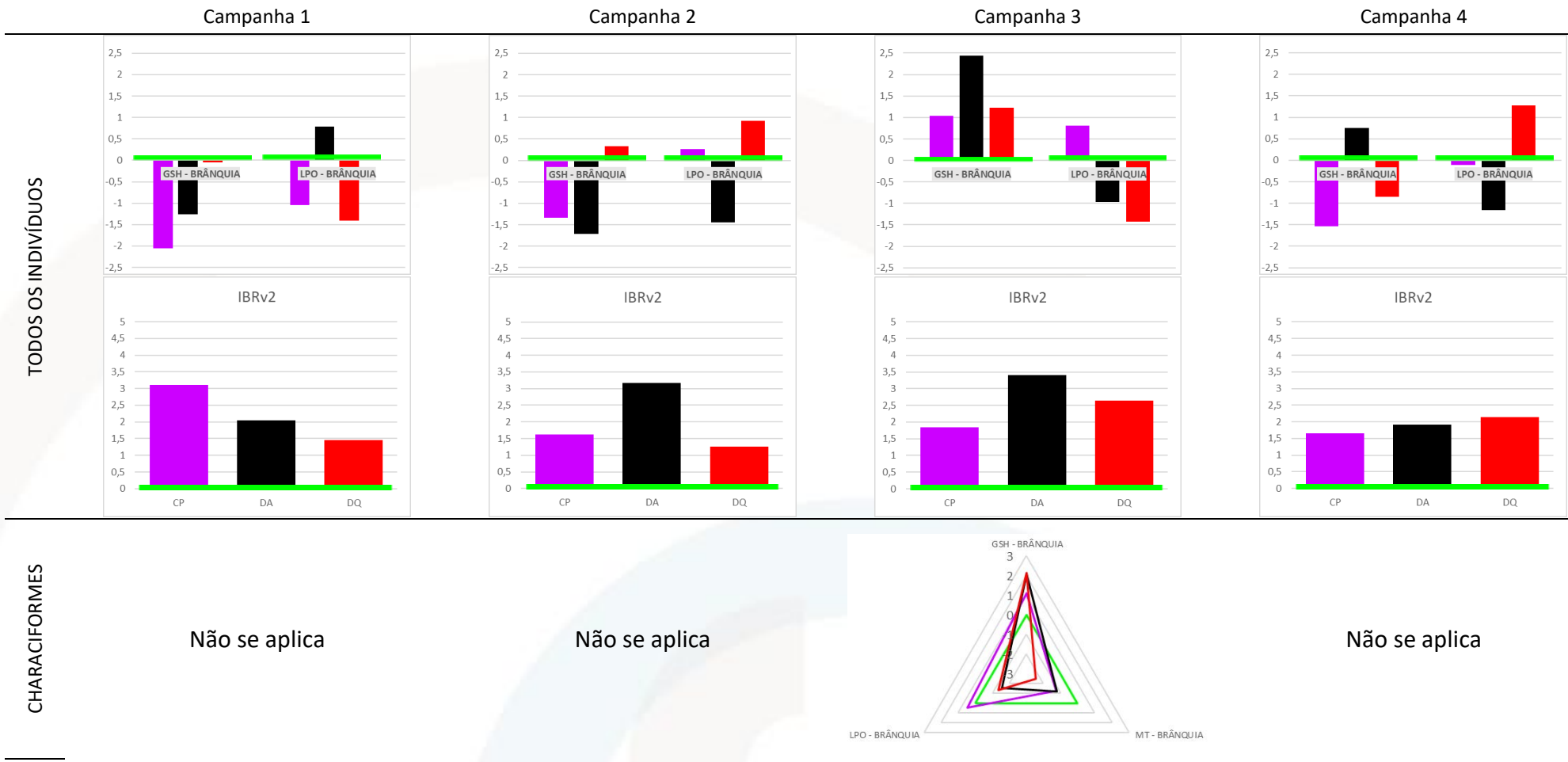
Os peixes da ordem Characiformes foram apenas amostrados em todos os pontos do compartimento 1 na 3ª campanha, e nesta campanha o ponto que apresentou as maiores alterações nos biomarcadores em relação ao ponto CN foi o ponto DQ, seguido do ponto DA. Destaca-se que em tanto em CP, quando DA e DQ a concentração de GSH esteve superior à concentração observada para o ponto CN, enquanto a concentração de MT esteve reduzida em relação à CN, já a LPO apresentou pouca alteração no ponto CP e esteve reduzida nos pontos DA e DQ. Os Cichliformes por sua vez foram amostrados na 3ª e na 4ª campanha, e o maior valor de IBRv2 foi observado no ponto DA, seguido pelo DQ na 3ª campanha, e no ponto CP, seguido pelo ponto DQ, na 4ª campanha. Na 3ª campanha, embora DA tenha apresentado o maior valor de IBRv2 é importante ressaltar que isso foi reflexo do aumento da concentração de GSH e da diminuição da LPO, indicando que o sistema antioxidante foi ativado no tecido branquial, já no ponto DQ, observa-se que a GSH teve apresentou concentração reduzida nesta mesma campanha, embora a LPO também tenha sido menor que a do ponto CN. Já na 4ª campanha nota-se que em CP houve uma expressiva redução nos níveis de GSH associado a um pequeno aumento da LPO, enquanto em DQ houve uma pequena redução na GSH, mas a LPO se apresentou ainda mais aumentada do que no ponto CP.

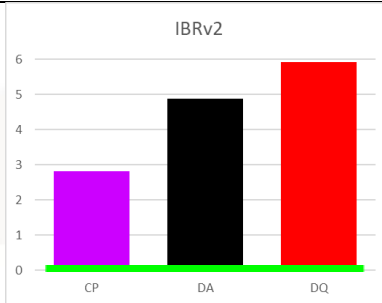
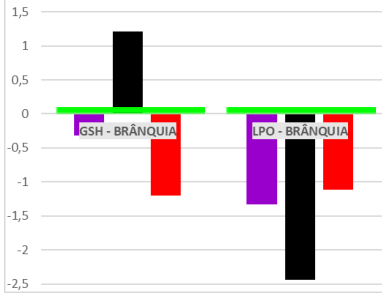
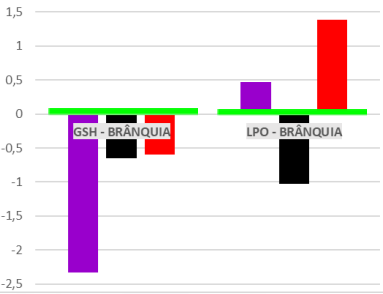
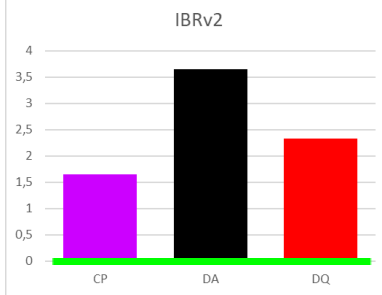
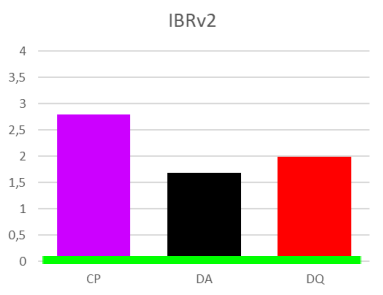
Nos agrupamentos de acordo com o hábito alimentar, observa-se que os peixes ictiófagos foram amostrados em todas os pontos apenas na campanha 3, na qual o ponto CP apresentou o maior valor de IBRv2, seguido do ponto DQ. Neste agrupamento, nota-se que em CP tanto a GSH, quanto a LPO e a MT apresentaram concentrações reduzidas na 3ª campanha, enquanto em DA e DQ houve aumento da concentração de GSH, indicando a ativação do sistema antioxidante para combater o excesso de EROs formadas no tecido branquial. Já os invertívoros bentônicos, amostrados em todos

os pontos deste compartimento apenas na 1ª campanha, apresentaram maior IBRV2 no ponto DA, seguido do ponto CP. Destaca-se que neste agrupamento a concentração de MT esteve aumentada em CP, DA e DQ, no entanto, em DA e DQ com maior expressividade, além disso, em DA houve ainda diminuição de GSH e aumento de LPO, enquanto em CP e DQ a LPO esteve reduzida, e em CP a GSH também esteve reduzida.



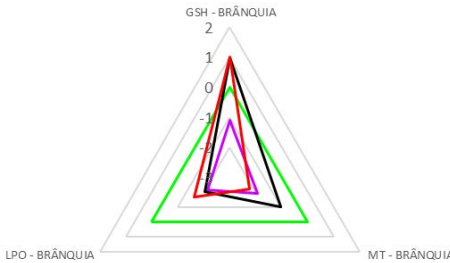
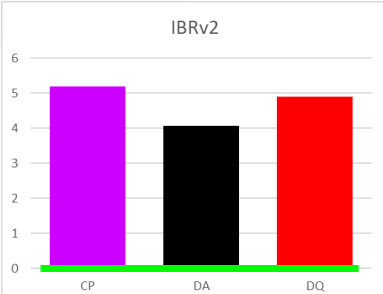
Tabela 21. Índice integrado de Respostas dos Biomarcadores (IBRv2) não-enzimáticos do tecido branquial dos peixes dos pontos amostrais CN, CP, DA e DQ do compartimento 1, comparação entre os pontos em cada uma das campanhas amostrais.

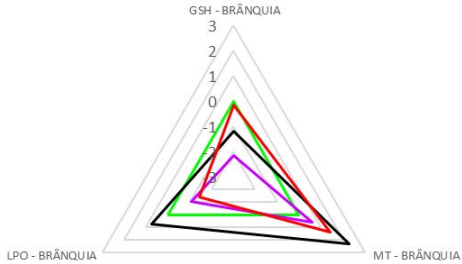


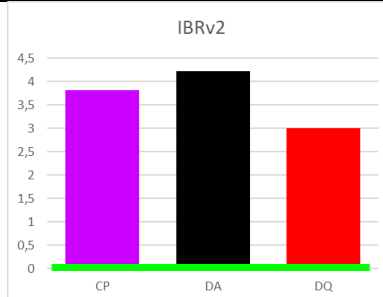
	Campanha 1	Campanha 2	Campanha 3	Campanha 4
	Não se aplica	Não se aplica		Não se aplica
CICHLIFORMES	Não se aplica	Não se aplica		
	Não se aplica	Não se aplica		



	Campanha 1	Campanha 2	Campanha 3	Campanha 4
--	------------	------------	------------	------------

ICTIÓFAGOS	Não se aplica	Não se aplica		Não se aplica
	Não se aplica	Não se aplica		Não se aplica

INVERTÍVOROS BENTÔNICOS		Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
----------------------------	--	---------------	---------------	---------------

Campanha 1	Campanha 2	Campanha 3	Campanha 4								
IBRv2 <table><caption>IBRv2 Data</caption><thead><tr><th>Point</th><th>Value</th></tr></thead><tbody><tr><td>CP</td><td>~3.8</td></tr><tr><td>DA</td><td>~4.2</td></tr><tr><td>DQ</td><td>~3.0</td></tr></tbody></table>	Point	Value	CP	~3.8	DA	~4.2	DQ	~3.0	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
Point	Value										
CP	~3.8										
DA	~4.2										
DQ	~3.0										

Não se aplica: indica que o IBRv2 não foi aplicado no agrupamento seja por ausência ou insuficiência de **n** amostral na campanha em questão.

Para cada agrupamento (todos os indivíduos, Characiformes, Cichliformes, ictiófagos e invertívoros bentônicos) e campanha, as respostas do biomarcadores integrados estão representados por um gráfico de radar no qual as respostas dos peixes de CN estão representadas em verde (—), de CP em violeta (—), de DA em preto (—) e de DQ em vermelho (—), seguidos de um gráfico de barras no qual está representado o valor do Índice de Integração de Respostas de Biomarcadores versão 2 (IBRv2), sendo neste gráfico a linha verde representativa dos peixes do ponto CN, e as barras violeta, preta e vermelha dos pontos CP, DA e DQ, respectivamente.

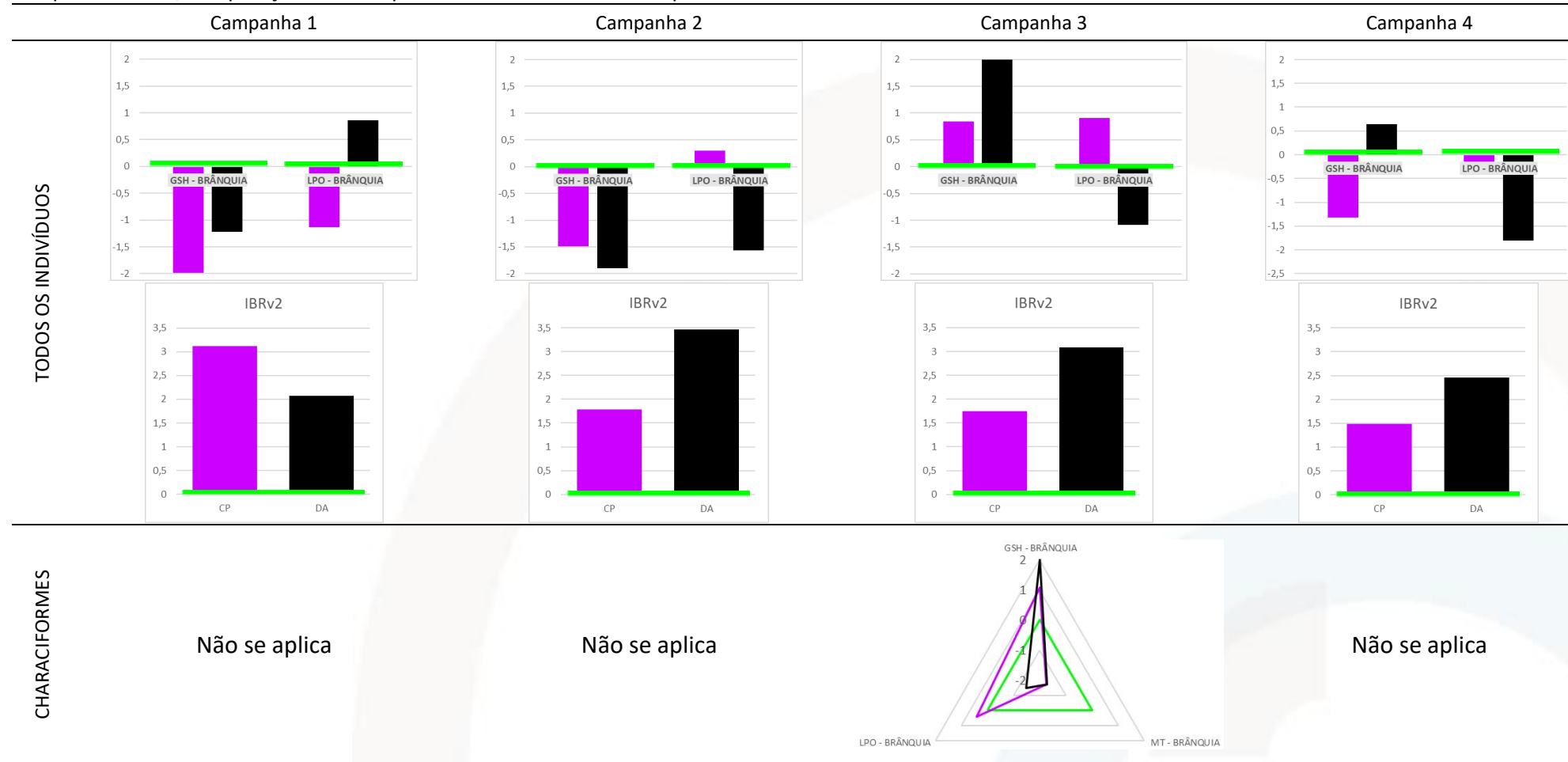
LPO - BRÂNQUIA: peroxidação lipídica em tecido branquial; GSH - BRÂNQUIA: concentração de glutathione reduzida em tecido branquial; MT - BRÂNQUIA: concentração de metalotioneínas em tecido branquial.

Ao avaliarmos apenas os pontos CN, CP e DA do compartimento 1 (Tabela 22), observa-se que, quando considerados todos os peixes capturados em cada um destes pontos, que na 1ª campanha o ponto CP apresentou o maior valor de IBRv2, ao passo que nas demais campanhas isto ocorreu no ponto DA. Destaca-se que embora na 1ª campanha o ponto CP tenha apresentado o maior valor de IBRv2, esta foi a única campanha em que o ponto DA apresentou aumento da LPO.

Os Characiformes, amostrados em ambos os pontos apenas na 3ª campanha, apresentaram maior valor de IBRv2 no ponto DA, sendo neste ponto observado o aumento da concentração de GSH e a diminuição da concentração de MT e dos níveis de LPO, ao passo que em CP a LPO teve um pequeno aumento em relação à CN. Da mesma forma que os Characiformes, os Cichliformes apresentaram maior IBRv2 em DA na 3ª campanha. Ainda em relação aos Cichliformes, o ponto CP foi o que apresentou maior valor de IBRv2 nas demais campanhas que esta ordem foi avaliada, ou seja, na 1ª e na 4ª campanha, embora na 1ª campanha tenha sido observado o aumento da LPO no ponto DA.

Em relação à avaliação de acordo com os diferentes hábitos alimentares, observa-se que nos peixes ictiófagos, coletados em todos os pontos apenas na 3ª campanha, o maior valor de IBRv2 foi observado no ponto CP, no qual houve redução dos três biomarcadores avaliados nesta integração (GSH, MT e LPO). Já nos peixes de hábito alimentar invertívoro bentônico, apenas na 1ª campanha o maior IBRv2 foi observado no ponto CP, sendo nas demais campanhas observado o maior valor no ponto DA. Destaca-se, neste agrupamento que o ponto DA apresentou aumento da LPO em relação ao ponto CN nas campanhas 1 e 3, ao passo que na campanha 4 isto foi observado em CP.

Tabela 22. Índice integrado de Respostas dos Biomarcadores (IBRv2) não-enzimáticos de tecido branquial dos peixes dos pontos amostrais CN, CP e DA do compartimento 1, comparação entre os pontos em cada uma das campanhas amostrais.





Campanha 1

Campanha 2

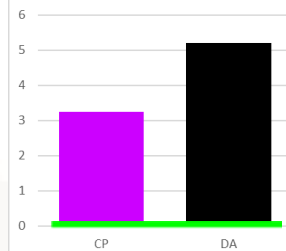
Campanha 3

Campanha 4

Não se aplica

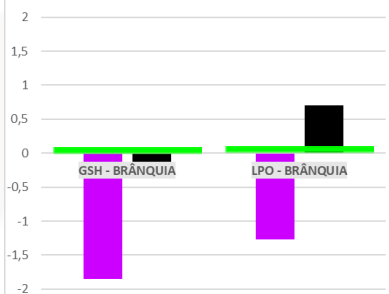
Não se aplica

IBRv2

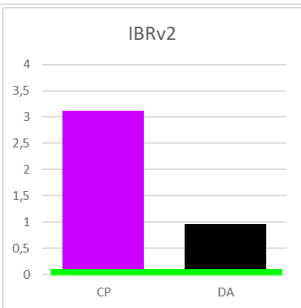
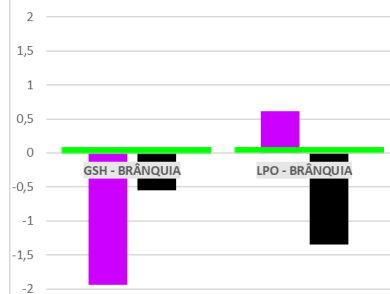
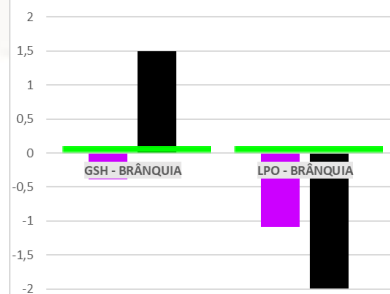


Não se aplica

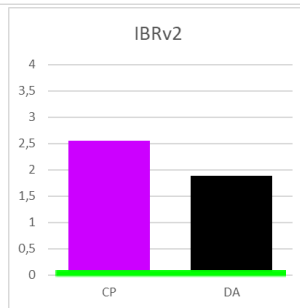
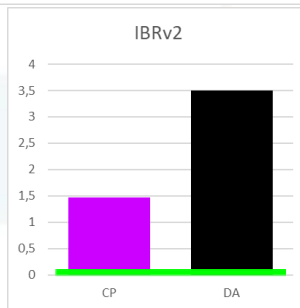
CICHLIFORMES

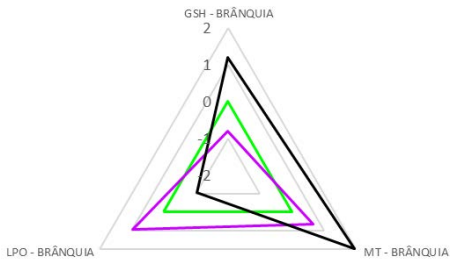
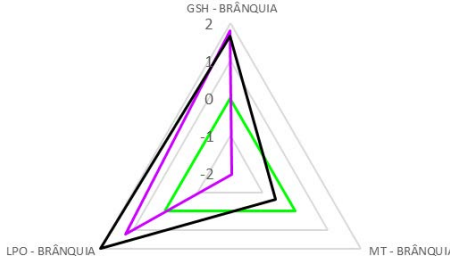
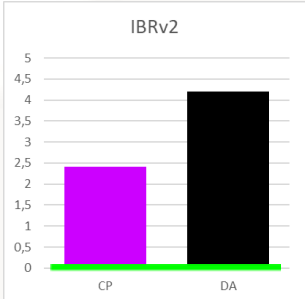
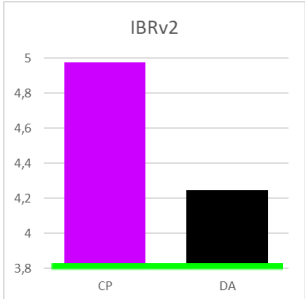
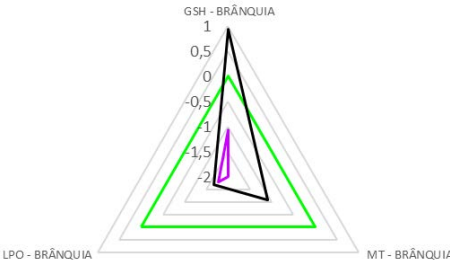


Não se aplica



Não se aplica



	Campanha 1	Campanha 2	Campanha 3	Campanha 4
SILURIFORMES	Não se aplica			Não se aplica
	Não se aplica			Não se aplica
ICTIÓFAGOS	Não se aplica	Não se aplica		Não se aplica

Campanha 1

Campanha 2

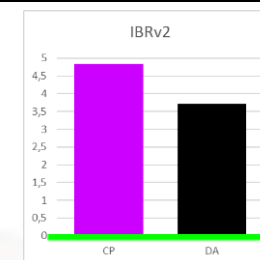
Campanha 3

Campanha 4

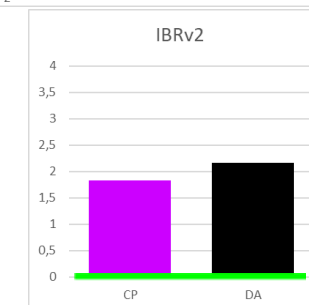
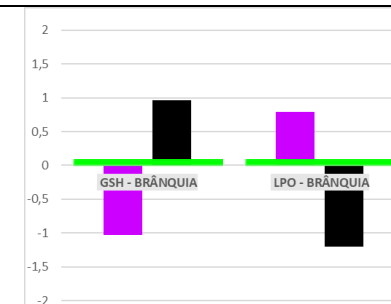
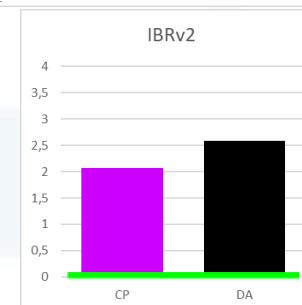
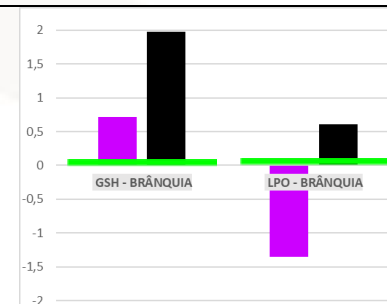
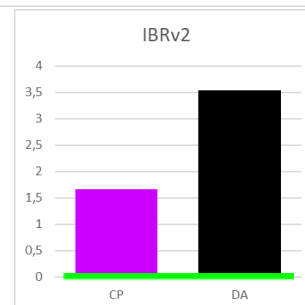
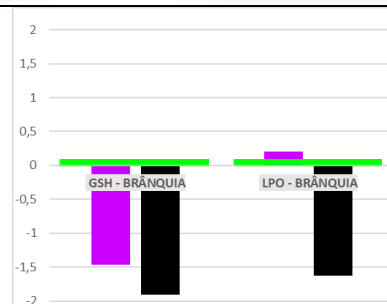
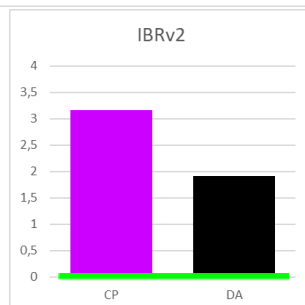
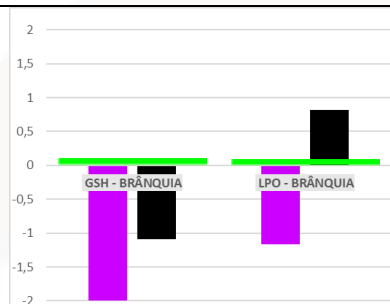
Não se aplica

Não se aplica

Não se aplica



INVERTÍVOROS BENTÔNICOS



Não se aplica: indica que o IBRv2 não foi aplicado no agrupamento seja por ausência ou insuficiência de n amostral na campanha em questão.

Para cada agrupamento (todos os indivíduos, Characiformes, Cichliformes, Siluriformes, ictiófagos e invertívoros bentônicos) e campanha, as respostas do biomarcadores integrados estão representados por um gráfico de radar no qual as respostas dos peixes de CN estão representadas em verde (--), de CP em violeta (--) e de DA em preto (--), seguidos de um gráfico de barras no qual está representado o valor do Índice de Integração de Respostas de Biomarcadores versão 2 (IBRv2), sendo neste gráfico a linha verde representativa dos peixes do ponto CN, e as barras violeta e preta dos pontos CP e DA, respectivamente.

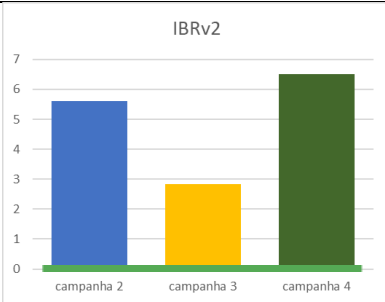
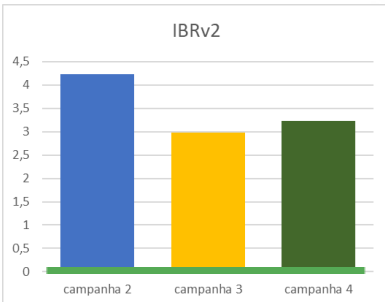
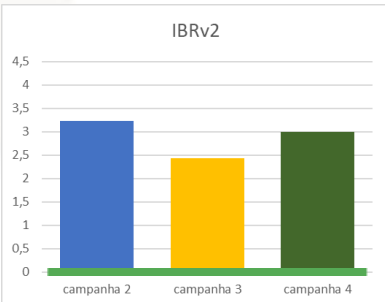
LPO - BRÂNQUIA: peroxidação lipídica em tecido branquial; GSH - BRÂNQUIA: concentração de glutatona reduzida em tecido branquial; MT - BRÂNQUIA: concentração de metalotioneínas em tecido branquial.

Na avaliação de cada um dos pontos amostrais (Tabela 23), observa-se que quando considerado todos os peixes amostrados em cada um dos pontos do compartimento 1, no ponto CN houve pouca diferença entre os IBRv2 nas campanhas 2, 3 e 4, no ponto CP os maiores IBRv2 foram observados na 3ª e na 4ª campanha, no ponto DA isto ocorreu na 2ª e na 4ª campanha, enquanto no ponto DQ o maior valor foi observado na 3ª campanha, seguida da 2ª e da 4ª, respectivamente. No agrupamento dos peixes da ordem Characiformes, apenas o ponto CN foi avaliado em todas as campanhas, apresentando o maior valor de IBRv2 na campanha 4, seguido da campanha 2 e da campanha 3, respectivamente. Os peixes da ordem Cichliformes foram avaliados em todas as campanhas nos pontos CN e CP, sendo em ambos observado o maior valor de IBRv2 na campanha 2, seguida da campanha 4 e da campanha 3, respectivamente. Os peixes da ordem Siluriformes, assim como os Characiformes, foram apenas avaliados em todas as campanhas no ponto CN, onde foi observado o maior valor de IBRv2 na campanha 3, seguida da campanha 4 e da campanha 2, respectivamente. Por fim, os peixes de hábito alimentar invertívoro bentônico, avaliados em todas as campanhas nos pontos CN, CP e DA, sendo no ponto CN observado o maior IBRv2 na campanha 3, seguida das campanhas 2 e 4, no ponto CP, por sua vez, o maior IBRv2 foi observado na campanha 2, enquanto nas campanhas 3 e 4 o IBRv2 foi bastante similar entre elas, no ponto DA as campanhas 2 e 4 apresentaram IBRv2 similar entre si, sendo este valor mais alto que o IBRv2 da campanha 3.

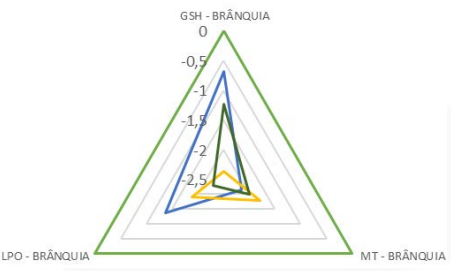
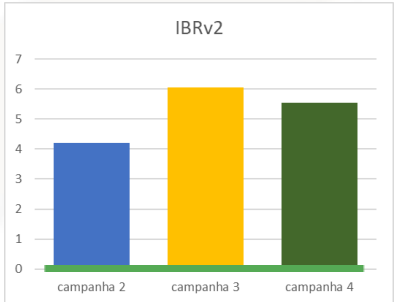


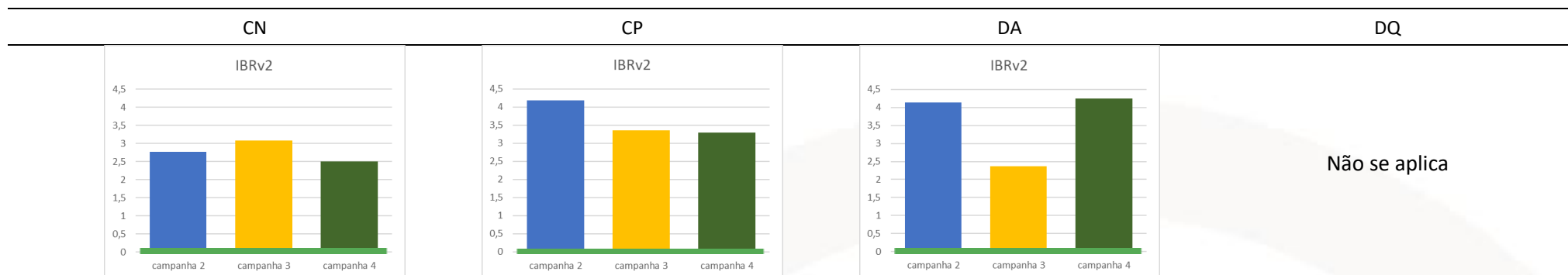
Tabela 23. Índice integrado de Respostas dos Biomarcadores (IBRv2) não-enzimáticos do tecido branquial dos peixes dos pontos amostrais CN, CP, DA e DQ do compartimento 1, comparação entre as campanhas.



	CN	CP	DA	DQ
	IBRv2 	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
CICHLIFORMES	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
	IBRv2 	IBRv2 	Não se aplica	Não se aplica



	CN	CP	DA	DQ
SILURIFORMES		Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
		Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
INVERTÍVOROS BENTÔNICOS	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica



Não se aplica: indica que o IBRv2 não foi aplicado no agrupamento seja por ausência ou insuficiência de **n** amostral na campanha em questão.

Para cada agrupamento (todos os indivíduos, Characiformes, Cichliformes, Siluriformes, ictiófagos e invertívoros bentônicos) e ponto amostral, as respostas do biomarcadores integrados estão representados por um gráfico de radar no qual as respostas dos peixes capturados na 1ª campanha estão representadas em verde claro (—), da 2ª campanha em azul (—), da 3ª campanha em amarelos (—) e da 4ª campanha em verde escuro (—), seguidos de um gráfico de barras no qual está representado o valor do Índice de Integração de Respostas de Biomarcadores versão 2 (IBRv2), sendo neste gráfico a linha verde clara representativa dos peixes capturados na 1ª campanha e as barras azul, amarela e verde escuro dos peixes capturados na 2ª, 3ª e 4ª campanha, respectivamente.

LPO - BRÂNQUIA: peroxidação lipídica em tecido branquial; GSH - BRÂNQUIA: concentração de glutathiona reduzida em tecido branquial; MT - BRÂNQUIA: concentração de metalotioneínas em tecido branquial.

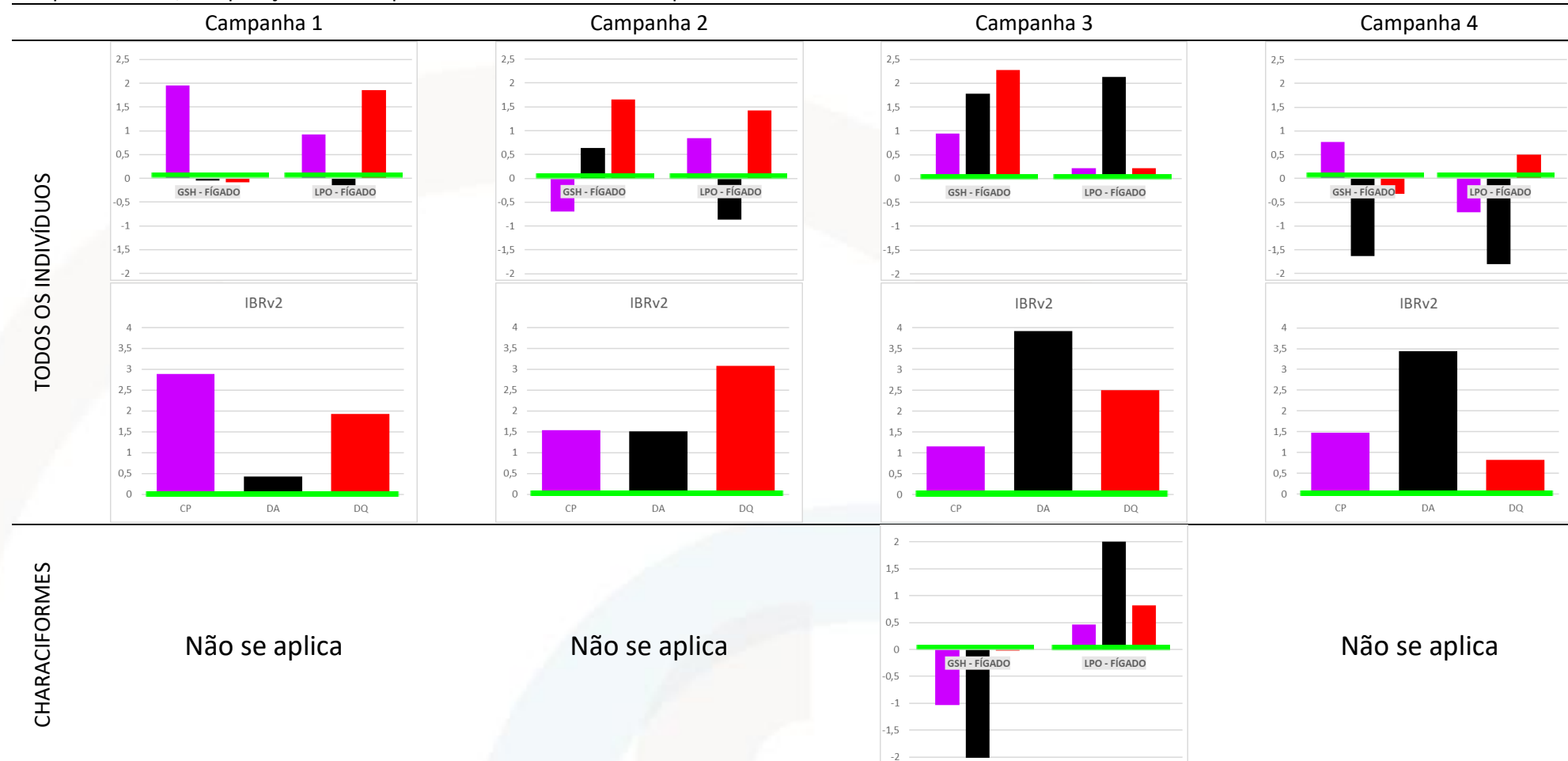
3.1.1.1.8. Biomarcadores não enzimáticos no tecido hepático – GSH, MT e LPO

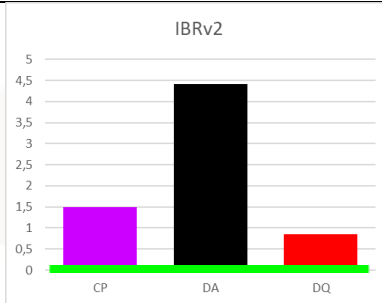
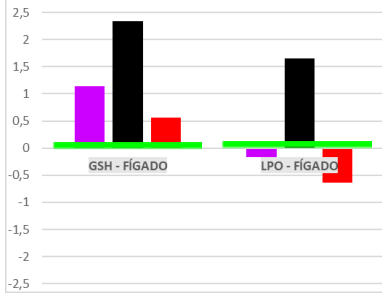
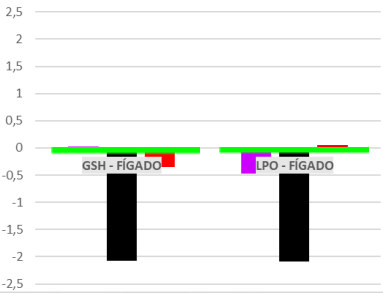
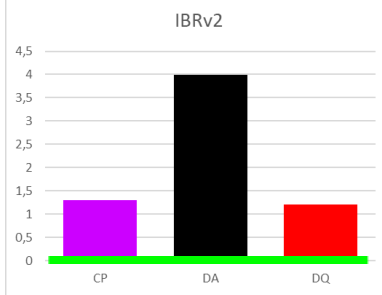
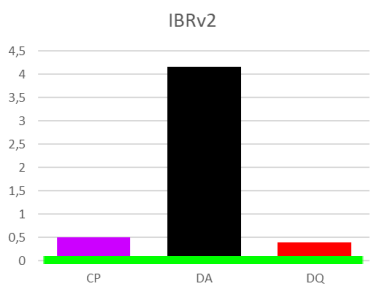
Na integração das respostas dos biomarcadores não enzimáticos presentes no tecido hepático (Tabela 24), observa-se, no compartimento 1, considerando todos os pontos amostrais (CN, CP, DA e DQ) e todos os peixes coletados em cada um dos pontos, que na 1ª campanha o ponto CP foi que apresentou as maiores alteração nas respostas (maior IBRV2) em relação àquelas do ponto CN, ao passo que na 2ª campanha isso ocorreu no ponto DQ, já na 3ª e na 4ª campanha, o ponto DA foi o que apresentou as maiores alterações. Neste agrupamento destaca-se que apenas foram integradas as respostas dos biomarcadores GSH e LPO, sendo neste caso observado na 1ª campanha que no ponto CP houve aumento da GSH e da LPO, no ponto DA houve pouca alteração nestes biomarcadores, ao passo que no ponto DQ a GSH não esteve alterada, mas os níveis de LPO estiveram superior ao observado tanto para CN, quanto para CP. Na 2ª campanha observa-se o mesmo padrão para a LPO, com aumento no ponto CP e no ponto DA, no entanto a GSH se apresentou reduzida em CP e aumentada em DA e DQ. Na 3ª campanha CP, DA e DQ apresentaram concentrações de GSH superiores ao observado para o ponto CN, no entanto, contrario ao observado nas campanhas anteriores, apenas o ponto DA apresentou aumento da LPO. Por fim, na 4ª campanha destaca-se uma expressiva redução na concentração de GSH no ponto DA, no entanto, neste mesmo ponto houve uma redução também da LPO. Em resumo, nota-se que nas campanhas 2 e 3, realizadas no período chuvoso, os pontos afetados pela passagem da lama de rejeitos (DA e DQ) apresentaram aumento nas concentrações de GSH, indicando ativação do sistema de defesa antioxidante no tecido hepático em decorrência do aumento da produção de EROs.

O agrupamento dos Characiformes foi apenas avaliado em todos os pontos na 3ª campanha, assim como o agrupamento dos peixes de hábito alimentar ictiófago, enquanto o dos Cichliformes foi avaliado apenas na 3ª e na 4ª campanha, sendo observado nestes casos que o ponto DA apresentou IBRV2 bastante superior aos demais pontos amostrados. Embora em todos estes casos o ponto DA tenha apresentado o maior IBRV2, nota-se que em cada um dos agrupamentos e campanhas avaliadas as respostas dos biomarcadores integrados (GSH e LPO) apresentaram-se distintas. Nos Characiformes da 3ª campanha, assim como nos ictiófagos nesta mesma campanha, destaca-se que os peixes do ponto DA apresentaram LPO elevada, como observado para todos os peixes deste compartimento, no entanto, neste agrupamento este aumento da LPO esteve associado a uma expressiva redução nas concentrações de GSH, indicando que o sistema de defesa antioxidante hepático está prejudicado, estando possivelmente diretamente associado ao dano observado pelo aumento da LPO. Nos Cichliformes, nesta mesma campanha observa-se que Da também apresentou o maior nível de LPO, no entanto neste ponto também foi observado o aumento da concentração de GSH, ao passo que na 4ª campanha, os peixes do ponto DA apresentaram níveis reduzidos tanto de GSH quanto de LPO.

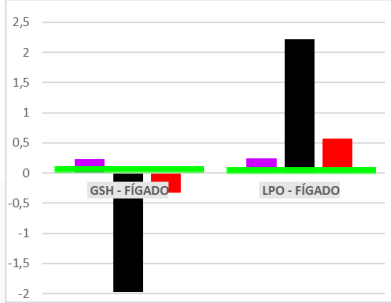
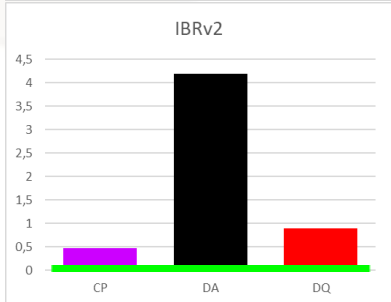
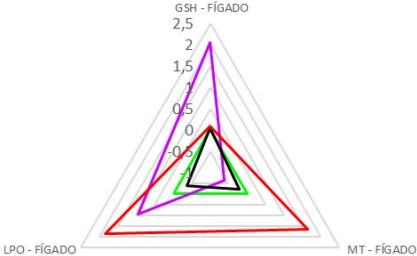
O último agrupamento avaliado neste compartimento foi o dos peixes de hábito alimentar invertívoro bentônico, os quais foram coletados em todos os pontos apenas na 1ª campanha e apresentaram valores de IBRV2 elevados nos pontos CP e DA. Neste agrupamento, diferentemente dos demais, a integração de biomarcadores avaliou tanto as concentrações de GSH, quanto de MT e os níveis de LPO. Assim, destaca-se que embora CP e DQ tenham apresentado valores de IBRV2 semelhantes entre si, em CP houve aumento da concentração de GSH, redução da concentração de MT e aumento da LPO, ao passo que no ponto DQ a GSH não esteve alterada em relação ao observado no ponto CN, no entanto a concentração de MT esteve expressivamente aumentada, assim como os níveis de LPO, os quais foram inclusive superiores aos níveis observados no ponto CP. Desta forma confirma-se, devido ao aumento da MT no ponto DQ, que estes peixes estão expostos a contaminantes metálicos, o que pode estar diretamente associado ao aumento da LPO observada no tecido hepático dos mesmos, uma vez que neste tecido, para este agrupamento de peixes, também foi observada uma expressiva redução nas atividades das enzimas SOD, CAT e GST, indicando que os contaminantes presentes estão prejudicando tanto o sistema antioxidante, quanto o de biotransformação hepáticos.

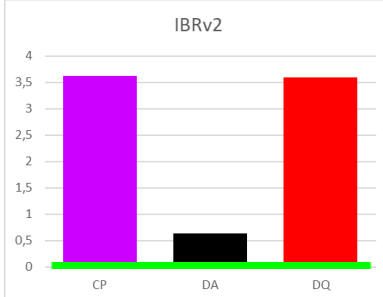
Tabela 24. Índice integrado de Respostas dos Biomarcadores (IBRv2) não-enzimáticos de tecido hepático dos peixes dos pontos amostrais CN, CP, DA e DQ do compartimento 1, comparação entre os pontos em cada uma das campanhas amostrais.



		Campanha 1	Campanha 2	Campanha 3	Campanha 4
CICHLIFORMES		Não se aplica	Não se aplica		Não se aplica
	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica		
	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica		



	Campanha 1	Campanha 2	Campanha 3	Campanha 4
ICTIÓFAGOS	Não se aplica	Não se aplica		Não se aplica
INVERTÍVOROS RENTÔNICOS	Não se aplica	Não se aplica		Não se aplica
				

Campanha 1	Campanha 2	Campanha 3	Campanha 4
	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica

Não se aplica: indica que o IBRv2 não foi aplicado no agrupamento seja por ausência ou insuficiência de **n** amostral na campanha em questão.

Para cada agrupamento (todos os indivíduos, Characiformes, Cichliformes, ictiófagos e invertívoros bentônicos) e campanha, as respostas do biomarcadores integrados estão representados por um gráfico de radar no qual as respostas dos peixes de CN estão representadas em verde (—), de CP em violeta (—), de DA em preto (—) e de DQ em vermelho (—), seguidos de um gráfico de barras no qual está representado o valor do Índice de Integração de Respostas de Biomarcadores versão 2 (IBRv2), sendo neste gráfico a linha verde representativa dos peixes do ponto CN, e as barras violeta, preta e vermelha dos pontos CP, DA e DQ, respectivamente.

LPO - BRÂNQUIA: peroxidação lipídica em tecido branquial; GSH - BRÂNQUIA: concentração de glutathione reduzida em tecido branquial; MT - BRÂNQUIA: concentração de metalotioneínas em tecido branquial.

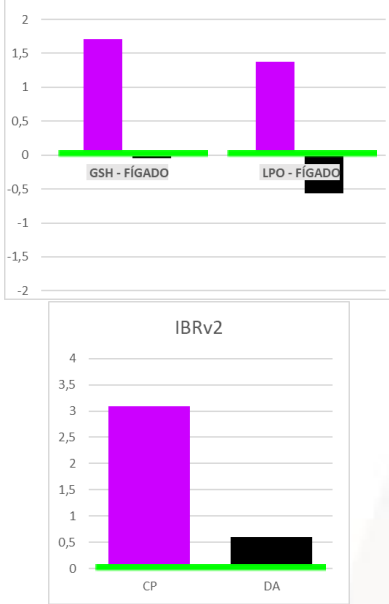
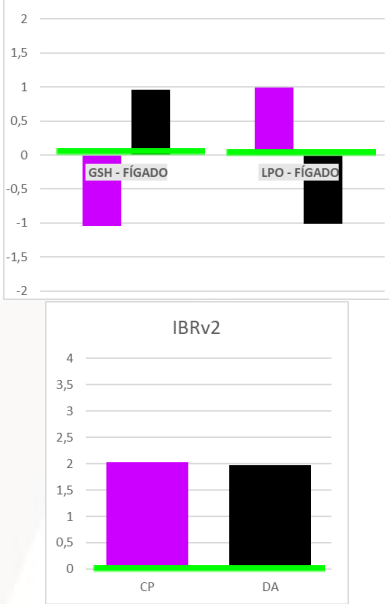
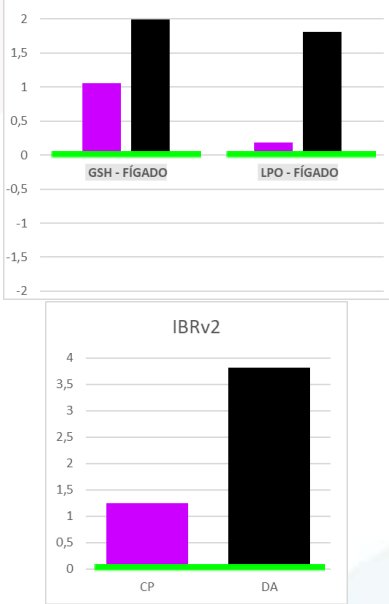
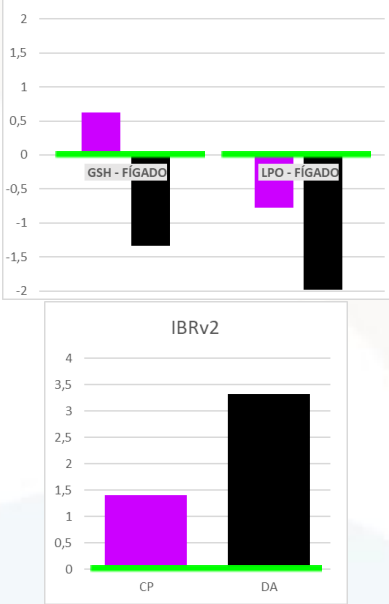
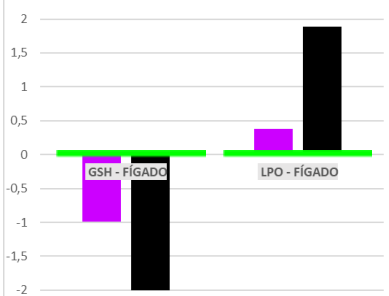
Quando avaliados apenas os pontos amostrais CN, CP e DA (Tabela 25), no compartimento 1, considerando todos os peixes amostrados em cada um destes pontos, nota-se que na 1ª campanha o ponto CP foi o que apresentou as maiores alterações em relação ao ponto CN, com aumento tanto da GSH quanto da LPO. Na 2ª campanha tanto CP quanto DA apresentaram elevados valores de IBRV2, sendo estes valores semelhantes entre si, no entanto, em CP nota-se menor concentração de GSH, refletindo em aumento da LPO, enquanto em DA a GSH está aumentada, com redução da LPO. Já na 3ª e na 4ª campanha as maiores alterações foram observadas no ponto DA, embora em cada uma das campanhas os peixes deste ponto amostral tenham demonstrado diferentes respostas nos biomarcadores avaliados na integração (GSH e LPO), pois na 3ª campanha DA apresentou elevados níveis de LPO, embora a concentração de GSH também estivesse elevada, enquanto na 4ª campanha ocorreu o inverso, com redução tanto da GSH quanto na LPO. Assim, destaca-se que a 3ª campanha foi a que apresentou maior prejuízo ao tecido hepático para os peixes de DA no compartimento 1.

Os Characiformes, assim como os ictiófagos, foram coletados em todos os pontos apenas na 3ª campanha, sendo observado que o ponto DA apresentou o maior valor de IBRV2 nestes dois agrupamentos, ainda, no ponto DA destes agrupamentos o maior valor do IBRV2 é reflexo da expressiva redução na concentração de GSH, associada ao também expressivo aumento da LPO nestes peixes, indicando dano no tecido hepático.

Os peixes da ordem Cichliformes, avaliados na 1ª, 3ª e 4ª campanha apresentaram maior IBRV2 no ponto CP na 1ª campanha, e no ponto DA na 3ª e na 4ª campanha. Destaca-se neste agrupamento que a 3ª campanha foi a que apresentou o maior prejuízo aos peixes do ponto DA, o que pode ser observado pelo aumento da LPO mesmo com o aumento da GSH, indicando que embora o sistema de defesa antioxidante esteja sendo ativado o mesmo não está sendo eficiente em evitar que o dano às membranas lipídicas ocorra.

Por fim, o último agrupamento avaliado neste compartimento foi dos peixes de hábito alimentar invertívoro bentônico, sendo neste caso observado o maior IBRV2 no ponto CP, na 1ª e 2ª campanha, sendo nestas campanhas observado o aumento da LPO no ponto CP. Já na 3ª e na 4ª campanha o maior valor de IBRV2 foi observado no ponto DA, estando na 3ª campanha este valor relacionado ao aumento da LPO, associado ao aumento da GSH, de maneira semelhante ao observado para os Cichliformes, ao passo que na 4ª campanha, mesmo que tenha ocorrido uma expressiva redução da LPO, também houve uma grande redução da concentração de GSH, indicando em ambos os casos prejuízo ao tecido hepático, seja pelo dano observado na 3ª campanha, ou pelo prejuízo ao sistema antioxidante denotado pela diminuída concentração de GSH na 4ª campanha.

Tabela 25. Índice integrado de Respostas dos Biomarcadores (IBRv2) não-enzimáticos de tecido hepático dos peixes dos pontos amostrais CN, CP e DA do compartimento 1, comparação entre os pontos em cada uma das campanhas amostrais.

	Campanha 1	Campanha 2	Campanha 3	Campanha 4
TODOS OS INDIVÍDUOS				
CHARACIFORMES	Não se aplica	Não se aplica		Não se aplica



Campanha 1

Campanha 2

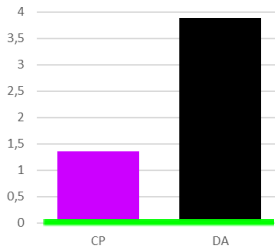
Campanha 3

Campanha 4

Não se aplica

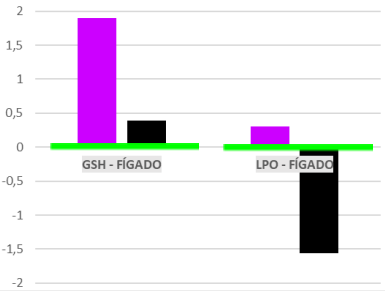
Não se aplica

IBRv2

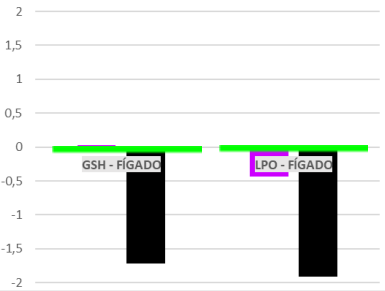
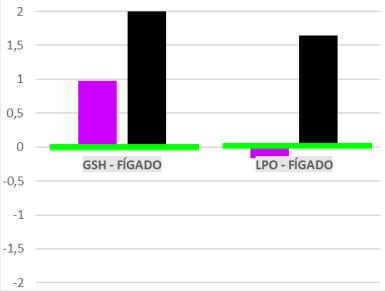


Não se aplica

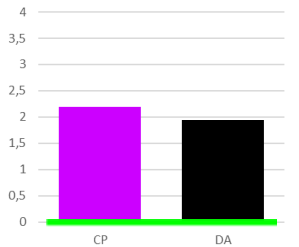
CICHLIFORMES



Não se aplica

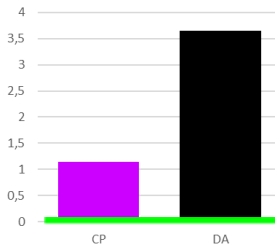


IBRv2

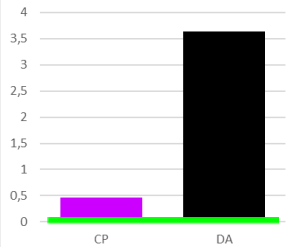


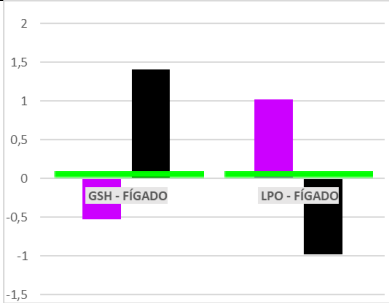
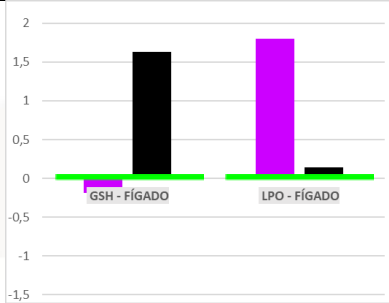
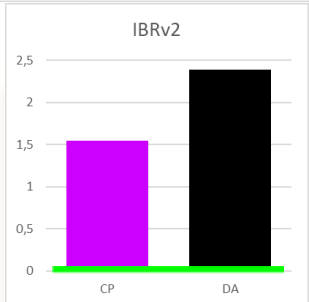
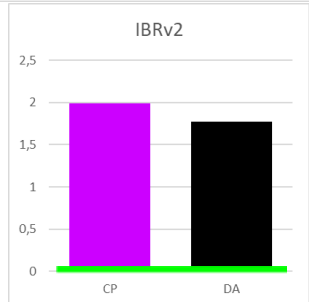
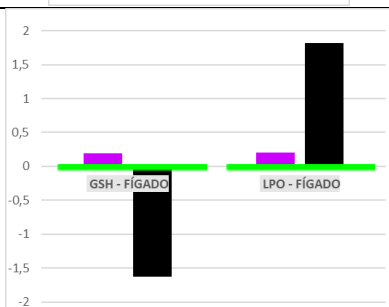
Não se aplica

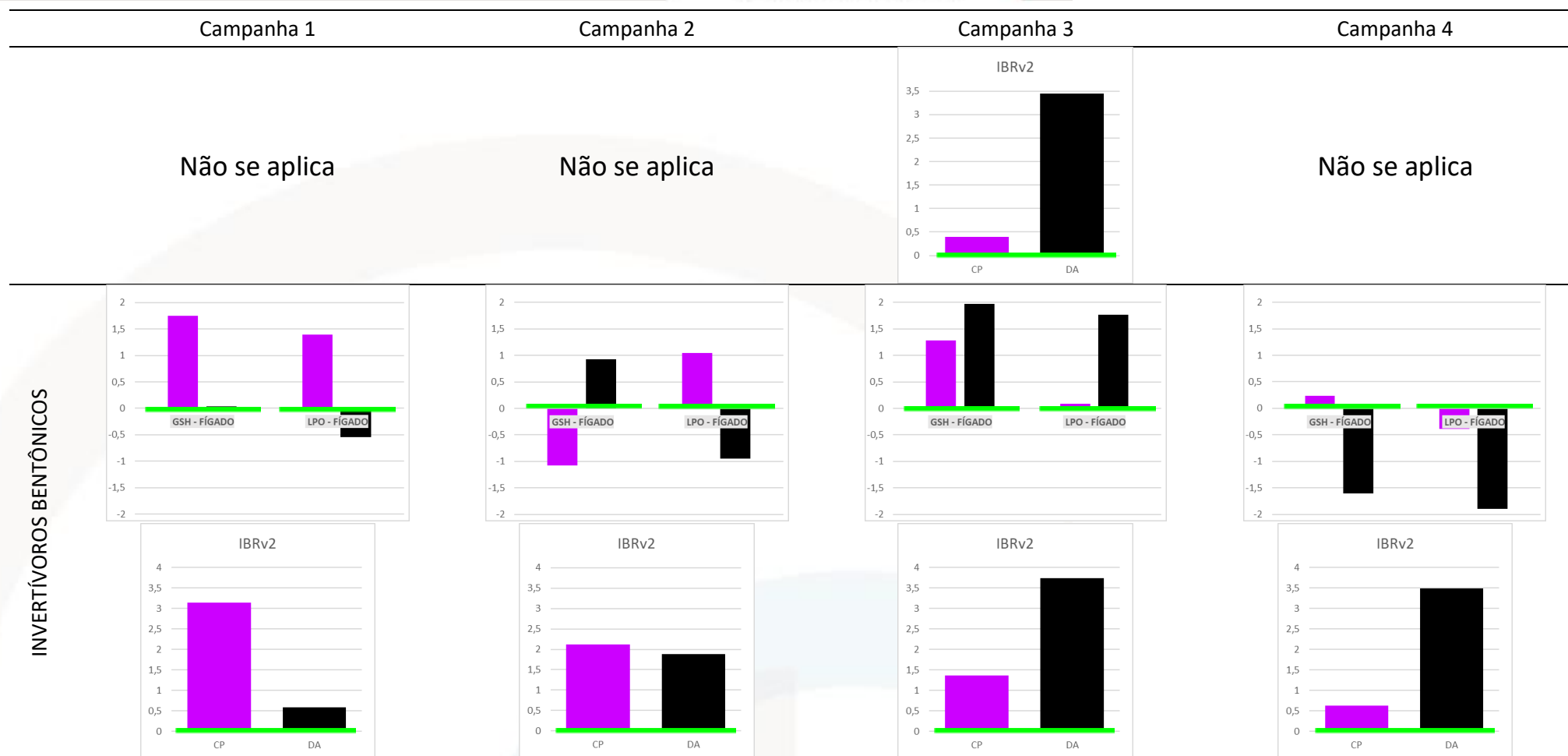
IBRv2



IBRv2



	Campanha 1	Campanha 2	Campanha 3	Campanha 4
SILURIFORMES	Não se aplica			Não se aplica
	Não se aplica			Não se aplica
ICTIÓFAGOS	Não se aplica	Não se aplica		Não se aplica



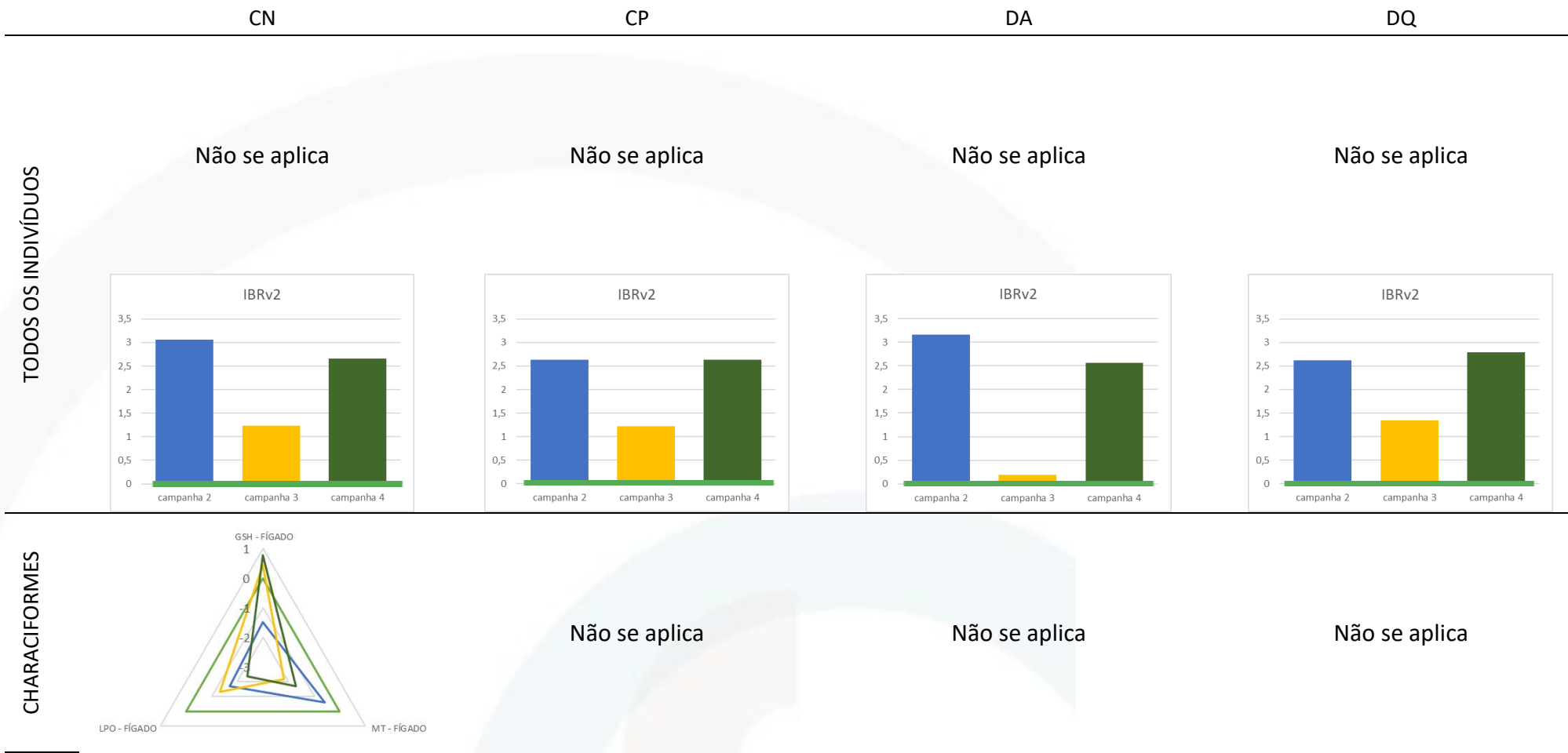
Não se aplica: indica que o IBRv2 não foi aplicado no agrupamento seja por ausência ou insuficiência de **n** amostral na campanha em questão.

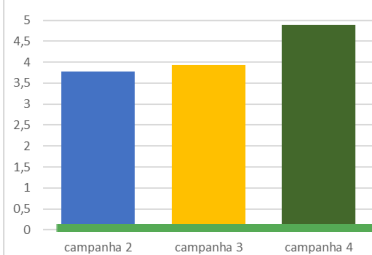
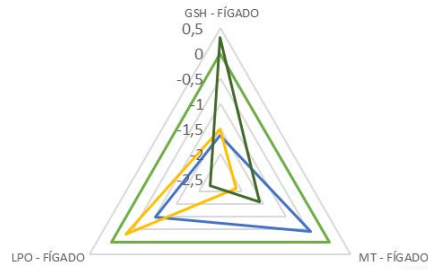
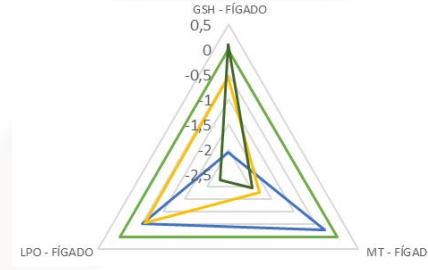
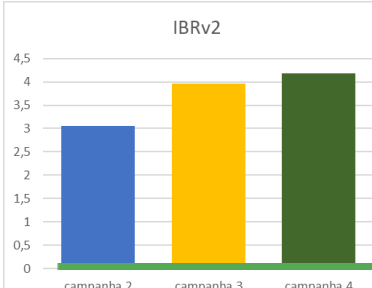
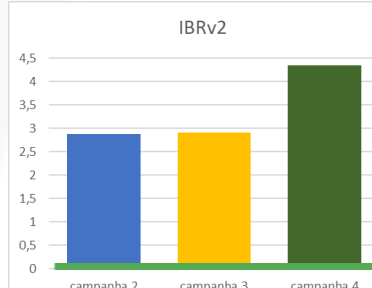
Para cada agrupamento (todos os indivíduos, Characiformes, Cichliformes, Siluriformes, ictiófagos e invertívoros bentônicos) e campanha, as respostas dos biomarcadores integrados estão representados por um gráfico de radar no qual as respostas dos peixes de CN estão representadas em verde (→), de CP em violeta (→) e de DA em preto (→), seguidos de um gráfico de barras no qual está representado o valor do Índice de Integração de Respostas de Biomarcadores versão 2 (IBRv2), sendo neste gráfico a linha verde representativa dos peixes do ponto CN, e as barras violeta e preta dos pontos CP e DA, respectivamente. LPO - BRÂNQUIA: peroxidação lipídica em tecido branquial; GSH - BRÂNQUIA: concentração de glutatona reduzida em tecido branquial; MT - BRÂNQUIA: concentração de metalotioneínas em tecido branquial.

Avaliando individualmente cada um dos pontos amostrais do compartimento 1 (Tabela 26), observa-se, quando considerados todos os peixes coletados, que a 3ª campanha foi a que apresentou o menor valor de IBRv2 em todos os pontos, ou seja, foi a campanha que apresentou as menores alterações em relação às respostas observadas na 1ª campanha, enquanto a 2ª e a 4ª campanhas apresentaram valores mais elevados de IBRv2. Os peixes das ordens Characiformes e Siluriformes foram avaliados em todas as campanhas apenas no ponto CN, assim nos Characiformes observa-se que o IBRv2 aumentou gradativamente ao longo das campanhas, sendo o maior valor observado na 4ª campanha, enquanto nos Siluriformes o maior valor também aconteceu na 4ª campanha, porém, seguida da 2ª e da 3ª, respectivamente. Os peixes da ordem Cichliformes, coletados em todas as campanhas apenas nos pontos CN e CP apresentaram o maior valor de IBRv2 na 4ª campanha em ambos os pontos. Por fim, os peixes da ordem Cichliformes, avaliados em todas as campanhas nos pontos CN, CP e DA, apresentaram o maior valor de IBRv2 na 2ª campanha e o menor na 3ª campanha, em ambos os pontos.

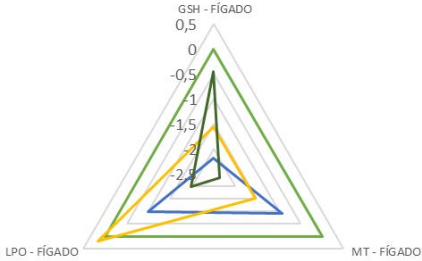
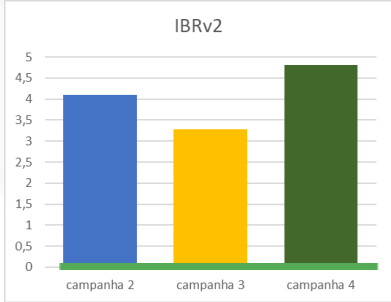


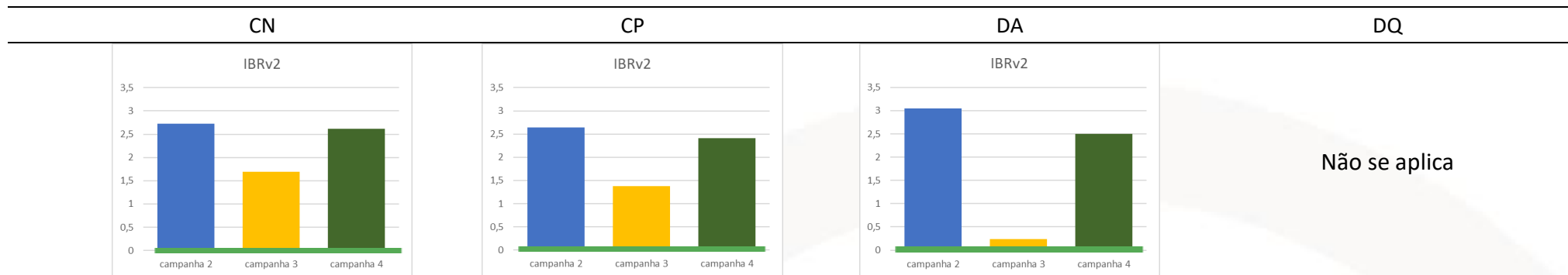
Tabela 26. Índice integrado de Respostas dos Biomarcadores (IBRv2) não-enzimáticos de tecido hepático dos peixes dos pontos amostrais CN, CP, DA e DQ do compartimento 1, comparação entre as campanhas.



	CN	CP	DA	DQ
	IBRv2 	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
CICHLIFORMES			Não se aplica	Não se aplica
	IBRv2 	IBRv2 	Não se aplica	Não se aplica



	CN	CP	DA	DQ
SILURIFORMES		Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
		Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
INVERTÍVOROS BENTÔNICOS	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica



Não se aplica: indica que o IBRv2 não foi aplicado no agrupamento seja por ausência ou insuficiência de **n** amostral na campanha em questão.

Para cada agrupamento (todos os indivíduos, Characiformes, Cichliformes, Siluriformes, ictiófagos e invertívoros bentônicos) e ponto amostral, as respostas do biomarcadores integrados estão representados por um gráfico de radar no qual as respostas dos peixes capturados na 1ª campanha estão representadas em verde claro (—), da 2ª campanha em azul (—), da 3ª campanha em amarelos (—) e da 4ª campanha em verde escuro (—), seguidos de um gráfico de barras no qual está representado o valor do Índice de Integração de Respostas de Biomarcadores versão 2 (IBRv2), sendo neste gráfico a linha verde clara representativa dos peixes capturados na 1ª campanha e as barras azul, amarela e verde escuro dos peixes capturados na 2ª, 3ª e 4ª campanha, respectivamente.

LPO - FÍGADO: peroxidação lipídica em tecido hepático; GSH - FÍGADO: concentração de glutathione reduzida em tecido hepático; MT - FÍGADO: concentração de metalotioneínas em tecido hepático.

3.1.1.1.9. Biomarcadores de neurotoxicidade – AChE cerebral e muscular

Integrando as respostas dos biomarcadores de neurotoxicidade (AChE muscular e cerebral) apresentados na Tabela 27, observa-se, no compartimento 1, quando considerados todos os peixes coletados em todos os pontos amostrais (CN, CP, DA e DQ), que na 1ª campanha as maiores alterações em relação às repostas observadas no ponto CN ocorreram no ponto CP, já na 2ª e na 3ª campanha as maiores alterações foram observadas no ponto DA, seguido do ponto DQ, por fim, na 4ª campanha os pontos CP e DA apresentaram as maiores alterações. Destaca-se que no ponto CP a atividade da AChE muscular esteve reduzida em relação ao observado no ponto CN em todas as campanhas, embora a maior diferença tenha sido observada apenas na 1ª campanha. Neste mesmo ponto a atividade da AChE cerebral também esteve reduzida nas campanhas 1, 2 e 4, indicando, de maneira geral que os peixes do ponto CP estão expostos a compostos tóxicos capazes de afetar negativamente o sistema colinérgico, promovendo efeito neurotóxico nestes indivíduos. Os peixes de DA e DQ também apresentaram alteração na atividade da enzima AChE, porém nestes pontos por vezes também foi observado o aumento da atividade desta enzima, seja no tecido cerebral o no tecido muscular. Importante ressaltar que a atividade da AChE é um biomarcador bastante aplicado em avaliações de efeitos de contaminantes ambientais, sendo comum a observação da diminuição de sua atividade em organismos expostos a contaminantes de diversas classes, como os agrotóxicos organofosforados e carbamatos, conhecidamente capazes de promover a inibição da atividade da AChE. No entanto, a exposição a contaminantes metálicos aparentemente é capaz de promover tanto a diminuição quanto o aumento da atividade desta enzima (DE LA TORRE; SALIBIÁN; FERRARI, 2000; MELA et al., 2013; PRETTO et al., 2010). Assim, avaliando os dados obtidos no compartimento 1, pode-se inferir que há diferentes fatores influenciado os diferentes pontos amostrados, indicando maior similaridade nas respostas observadas em DA e DQ, pontos estes nos quais foi observado o aumento da atividade da AChE ao longo das quatro campanhas amostrais.

Ao avaliarmos os diferentes agrupamentos de peixes neste compartimento, observa-se que no agrupamento dos Characiformes, na 3ª campanha, única em que peixes desta ordem foram coletados em todos os pontos amostrais, o maior valor de IBRv2 aconteceu no ponto DQ, seguido do ponto CP, sendo ambos os IBRv2 reflexo do aumento da atividade da AChE tanto no cérebro quanto no músculo dos peixes desta ordem.

Os Cichliformes, por sua vez, coletados em todos os pontos na 3ª e na 4ª campanha, apresentaram em ambas o maior IBRv2 no ponto DQ, seguido do ponto DA. Novamente em DQ observa-se o aumento da atividade da AChE tanto no cérebro quanto no tecido muscular, no entanto, os peixes desta ordem do ponto CP e no ponto DA apresentaram redução da atividade da AChE muscular, sendo esta redução mais expressiva nos peixes do ponto DA. Aqui destaca-se que embora

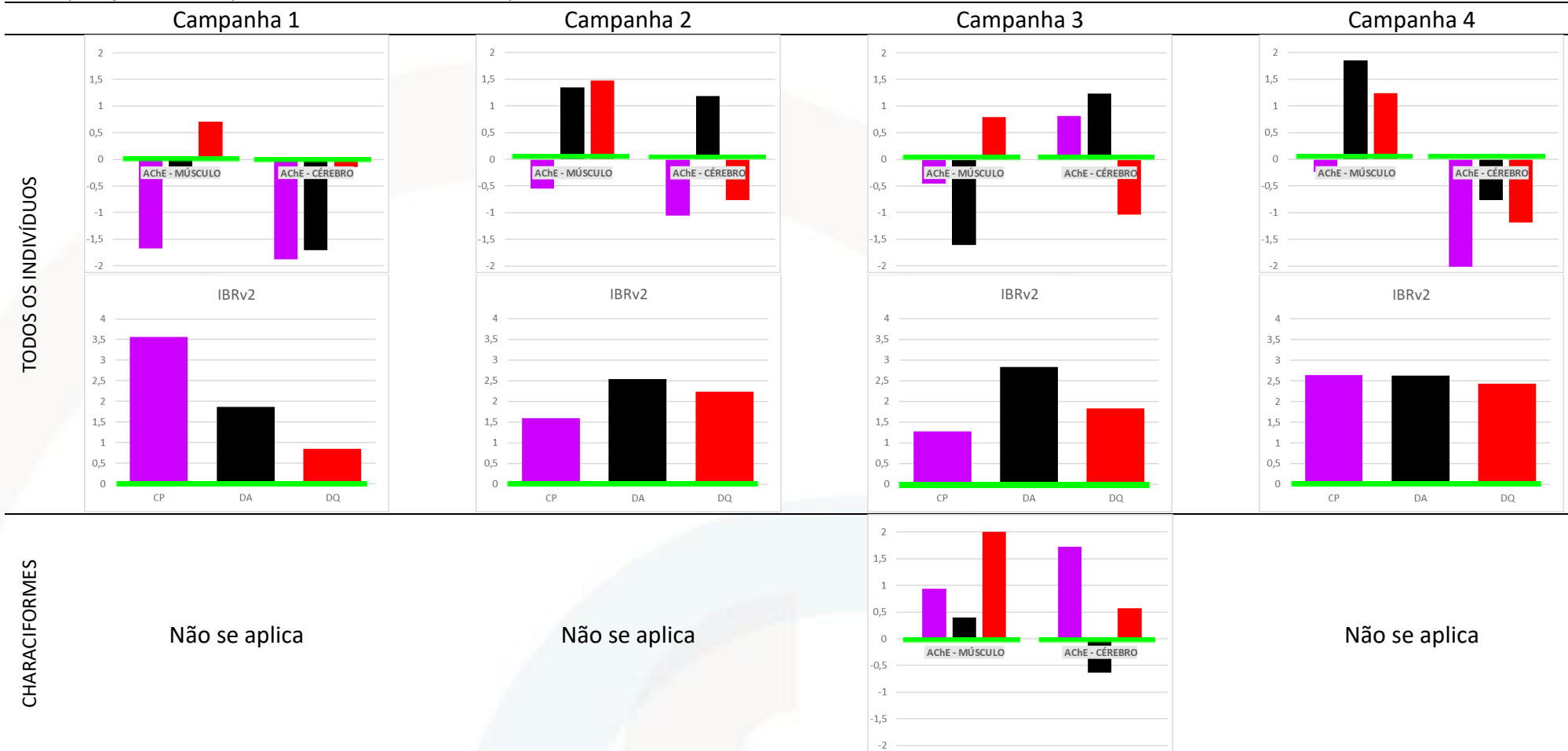
pertencentes à mesma ordem, e estando os peixes de DA e DQ em áreas afetadas pela lama de rejeitos provenientes do rompimento da barragem, as respostas destes organismos foram diferentes nestes dois pontos, indicando diferenças na susceptibilidade das populações de peixes Cichliformes em cada um dos pontos e/ou diferenças nas condições ambientais (mistura e biodisponibilidade dos diferentes EPTs) presentes em cada um deles.

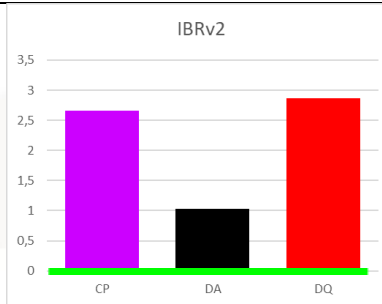
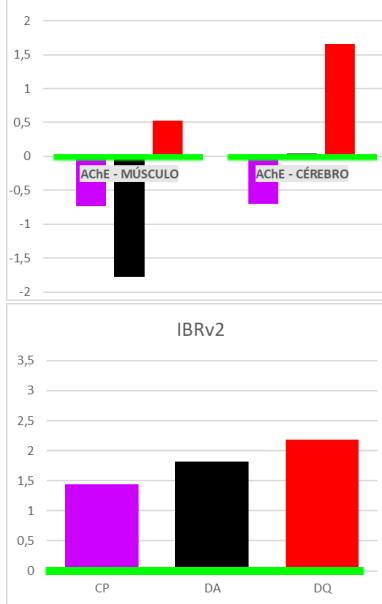
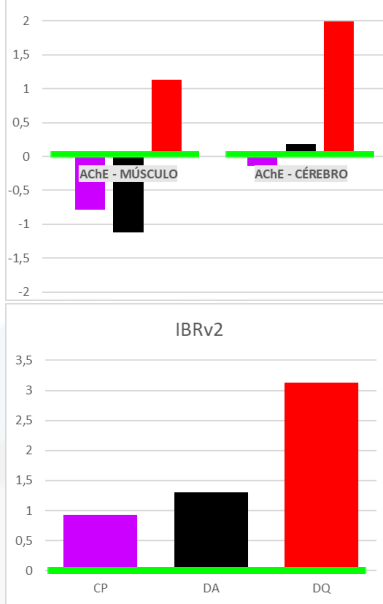
Nos agrupamentos de acordo com os hábitos alimentares, nota-se que os ictiófagos, assim como os Characiformes, foram amostrados em todos os pontos apenas na 3ª campanha, sendo nesta observado o maior IBRv2 no ponto DA, seguido do ponto CP. Em DA destaca-se que houve um pequeno aumento da atividade da AChE muscular, associado a uma expressiva redução da atividade da AChE cerebral, novamente indicando efeito neurotóxico dos contaminantes presentes neste ambiente.

Por fim, os peixes de hábito alimentar invertívoro bentônico, coletados em todos os pontos amostrais apenas na 1ª e na 3ª campanha, apresentaram maior IBRv2 no ponto CP, seguido do ponto DA, na 1ª campanha, e no ponto DA, seguido do ponto DQ, na 3ª campanha. Na 1ª campanha CP apresentou redução na atividade da AChE cerebral e muscular, ao passo que o ponto DA apresentou redução apenas na atividade da AChE cerebral e o ponto DQ apresentou apenas um pequeno aumento na AChE muscular. Já na 3ª campanha, em CP foram observadas as mesmas alterações que aconteceram na 1ª campanha, porém, com menor intensidade, no ponto DA no entanto, observou-se redução na AChE muscular e aumento da AChE cerebral, enquanto em DQ tanto a AChE cerebral quanto a muscular estiveram aumentadas. Assim, nota-se que no ponto CP as alterações foram semelhantes entre as duas campanhas, enquanto para os pontos DA e DQ as alterações apresentaram diferenças entre as campanhas.

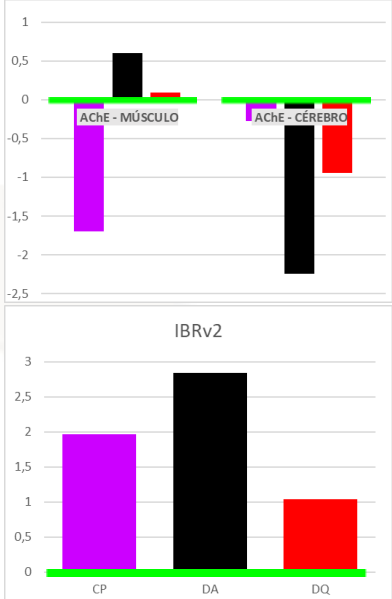
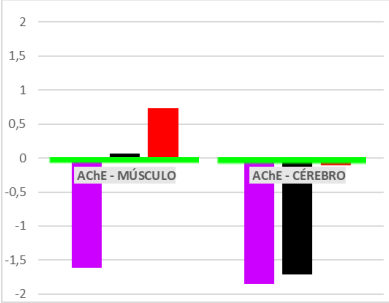
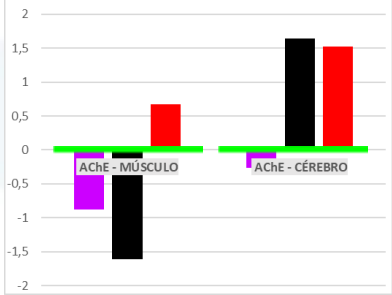
Na avaliação dos biomarcadores de neurotoxicidade nos pontos DA e DQ fica evidente, especialmente na 3ª campanha, na qual diversos agrupamentos de peixes foram avaliados, que embora estejam habitando os mesmos pontos amostrais, os peixes destes agrupamentos apresentaram respostas distintas aos contaminantes presentes no meio. Como exemplo, observa-se a diminuição da AChE cerebral nos ictiófagos de DA e DQ e o aumento da atividade desta enzima no tecido cerebral do invertívoros bentônicos dos mesmos pontos amostrais.

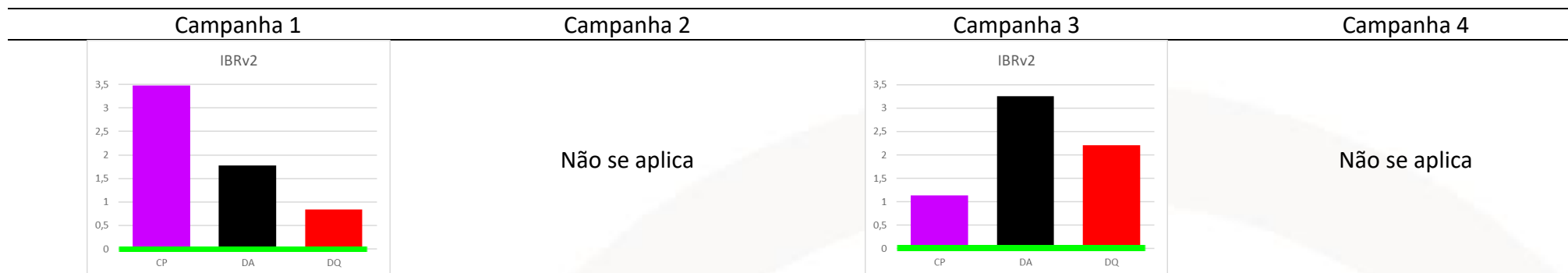
Tabela 27. Índice integrado de Respostas dos Biomarcadores (IBRv2) de neurotoxicidade dos peixes dos pontos amostrais CN, CP, DA e DQ do compartimento 1, comparação entre os pontos em cada uma das campanhas amostrais.



		Campanha 1	Campanha 2	Campanha 3	Campanha 4
		Não se aplica	Não se aplica		Não se aplica
CICHLIFORMES	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica		
	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica		



	Campanha 1	Campanha 2	Campanha 3	Campanha 4
ICTIÓFAGOS	Não se aplica	Não se aplica		Não se aplica
	Não se aplica	Não se aplica		Não se aplica
INVERTÍVOROS		Não se aplica		Não se aplica



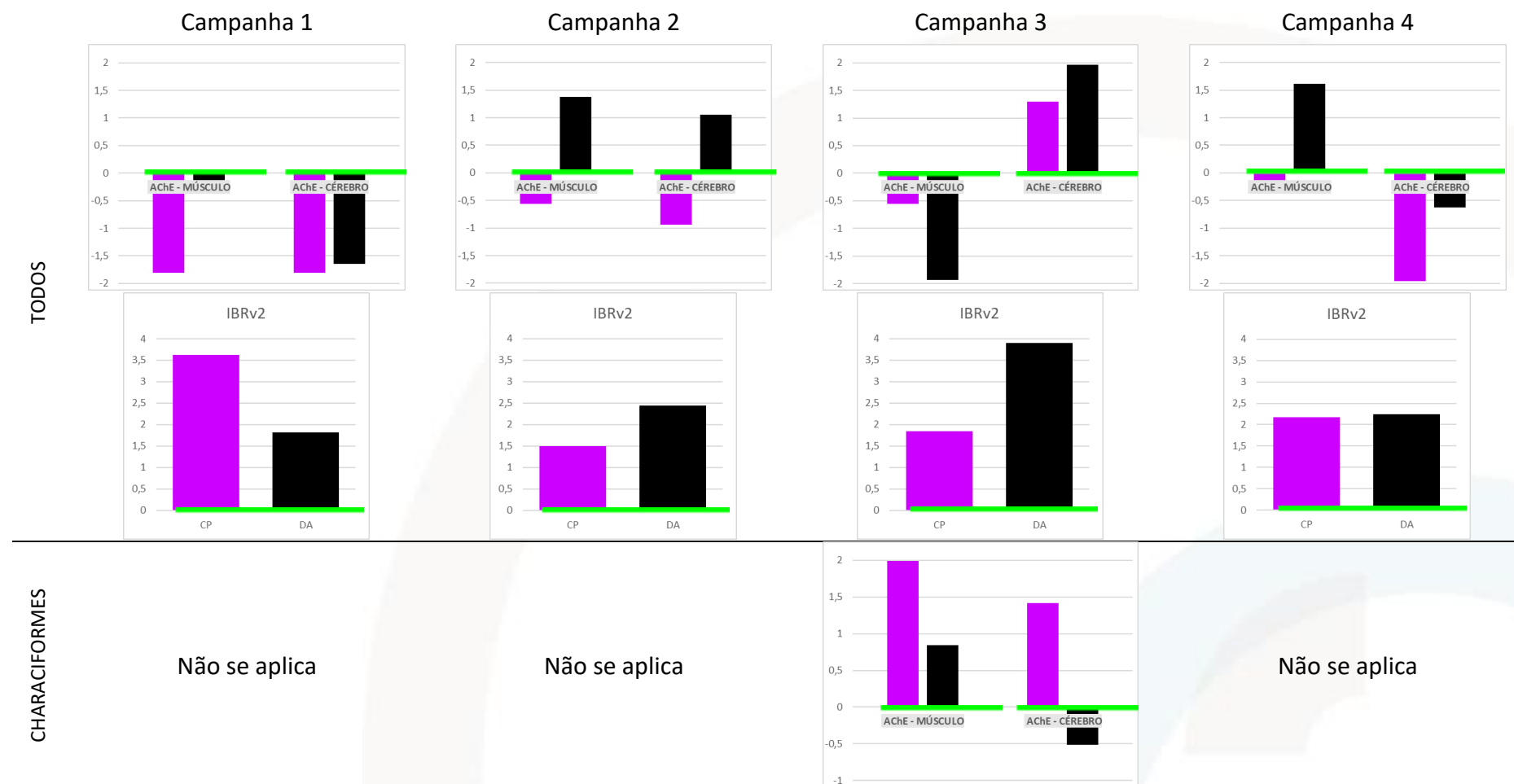
Não se aplica: indica que o IBRv2 não foi aplicado no agrupamento seja por ausência ou insuficiência de **n** amostral na campanha em questão.

Para cada agrupamento (todos os indivíduos, Characiformes, Cichliformes, ictiófagos e invertívoros bentônicos) e campanha, as respostas do biomarcadores integrados estão representados por um gráfico de radar no qual as respostas dos peixes de CN estão representadas em verde (—), de CP em violeta (—), de DA em preto (—) e de DQ em vermelho (—), seguidos de um gráfico de barras no qual está representado o valor do Índice de Integração de Respostas de Biomarcadores versão 2 (IBRv2), sendo neste gráfico a linha verde representativa dos peixes do ponto CN, e as barras violeta, preta e vermelha dos pontos CP, DA e DQ, respectivamente.

AChE - MÚSCULO: acetilcolinesterase em tecido muscular; AChE - CÉREBRO: acetilcolinesterase em tecido cerebral.

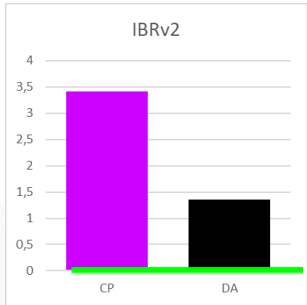
Considerando apenas os pontos amostrais CN, CP e DA, apresentado na Tabela 28, observa-se, na avaliação conjunta de todos os peixes capturados em cada um destes pontos, que na 1ª campanha o maior IBRV2 aconteceu no ponto CP, enquanto na 2ª e na 3ª o maior IBRV2 ocorreu no ponto DA e na 4ª campanha CP e DA apresentaram valores elevados e semelhantes de IBRV2. Os Characiformes, assim como os ictiófagos foram avaliados em todos os pontos apenas na 3ª campanha, no entanto, nos Characiformes observou-se que o maior IBRV2 ocorreu no ponto CP, enquanto nos ictiófagos o maior IBRV2 aconteceu no ponto DA. Os peixes da ordem Cichliformes, os quais não foram coletados em todos os pontos na 2ª campanha, apresentaram maior IBRV2 no ponto CP, enquanto na 4ª campanha o maior IBRV2 aconteceu no ponto DA. Os Siluriformes, avaliados apenas na 2ª e na 3ª campanha apresentaram valores semelhantes de IBRV2 em CP e em DA na campanha 2, enquanto na campanha 3 o maior IBRV2 aconteceu no ponto DA. Por fim, nos invertívoros bentônicos observa-se que na 1ª e na 4ª campanha o ponto CP foi o que apresentou as maiores alterações em relação ao ponto CN, enquanto na 2ª e na 3ª campanha isto ocorreu no ponto DA. Novamente, numa avaliação geral dos biomarcadores de neurotoxicidade observa-se que no ponto CP as respostas, em sua maioria redução na atividade da AChE tanto cerebral quanto muscular, foram semelhantes nas diferentes campanhas, assim como nos diferentes agrupamentos de peixes avaliados, no entanto, no ponto DA nota-se uma extensa variação de respostas ao longo das campanhas, bem como nos diferentes grupos amostrais, indicando que neste ponto as condições ambientais possivelmente se encontram mais propensas a variações, como por exemplo na biodisponibilidade de contaminantes como os EPTs, bem como pode indicar que a comunidade ictiíca deste ponto se encontra com a saúde prejudicada o que acarreta na maior susceptibilidade dos indivíduos aos contaminantes do meio.

Tabela 28. Índice integrado de Respostas dos Biomarcadores (IBRv2) de neurotoxicidade dos peixes dos pontos amostrais CN, CP e DA do compartimento 1, comparação entre os pontos em cada uma das campanhas amostrais.



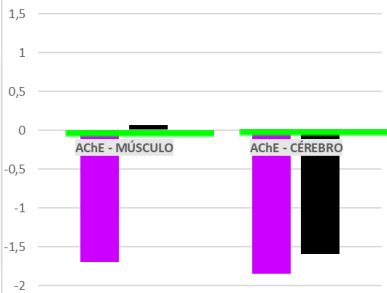
Não se aplica

Não se aplica

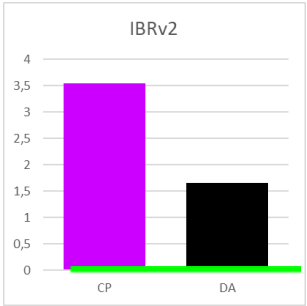
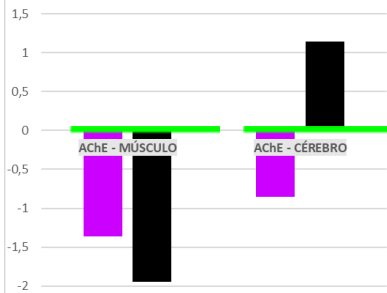
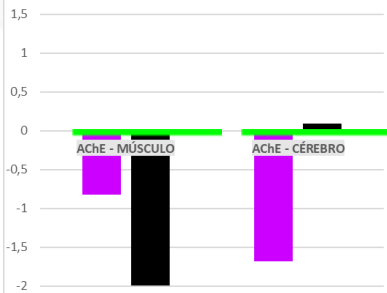


Não se aplica

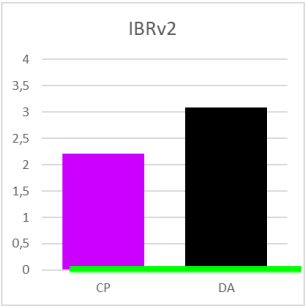
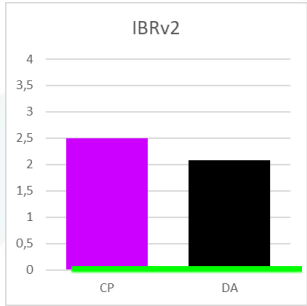
CICHLIFORMES



Não se aplica

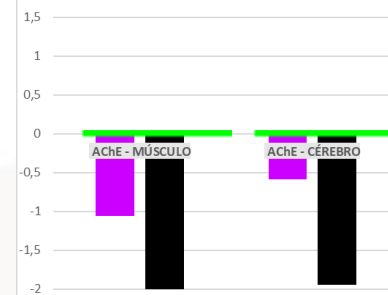
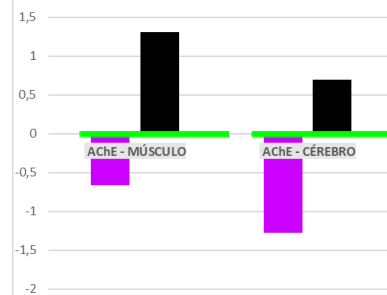


Não se aplica



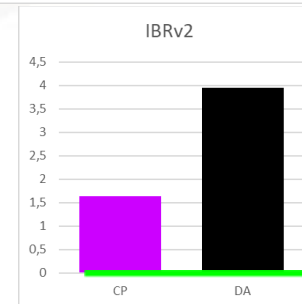
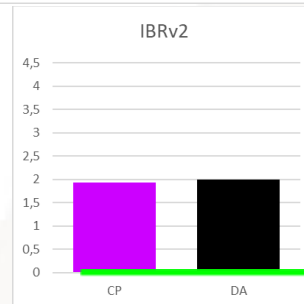
SILURIFORMES

Não se aplica



Não se aplica

Não se aplica

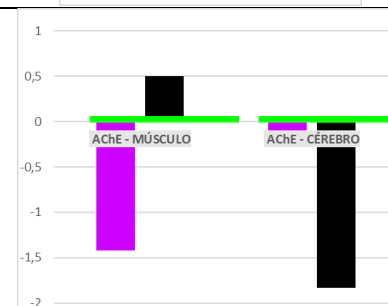


Não se aplica

ICTIÓFAGOS

Não se aplica

Não se aplica

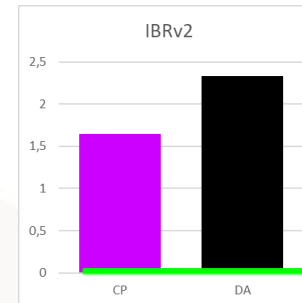


Não se aplica

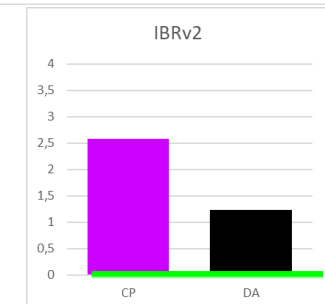
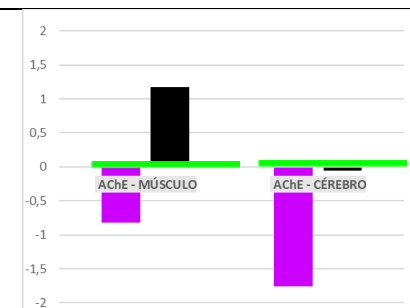
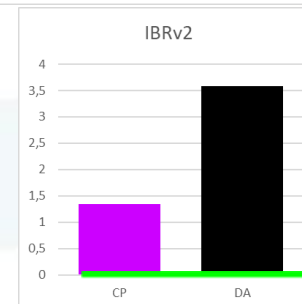
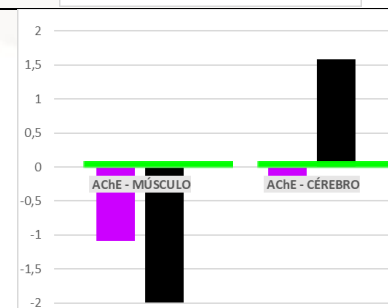
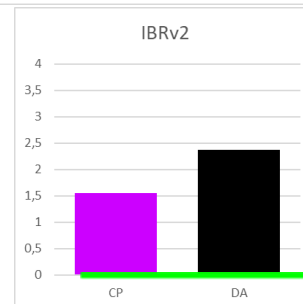
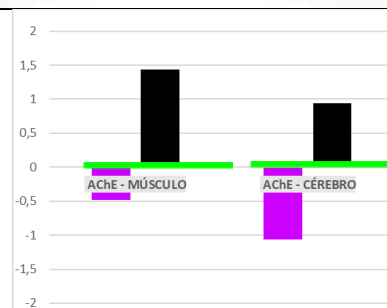
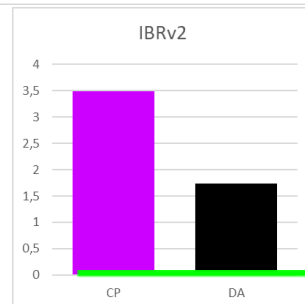
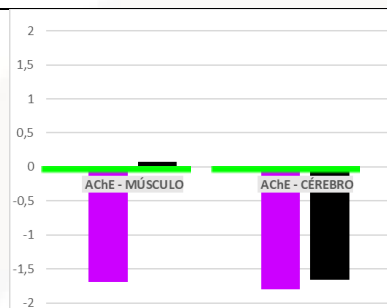
Não se aplica

Não se aplica

Não se aplica



INVERTÍVOROS BENTÔNICOS



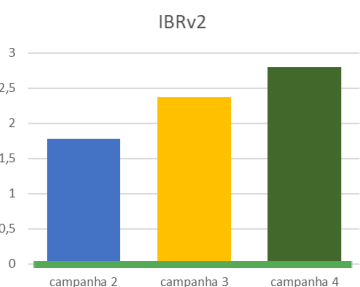
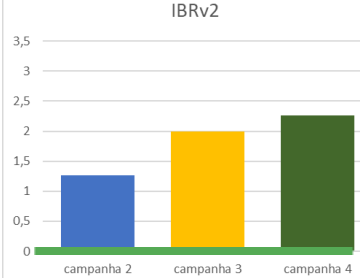
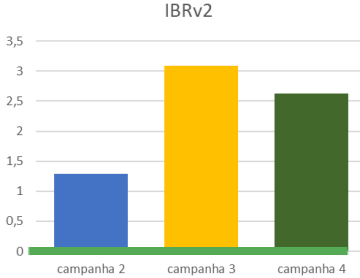
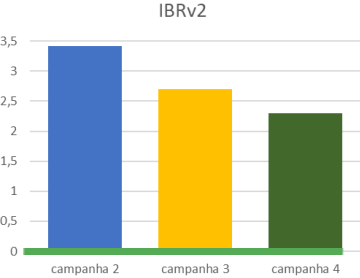
Não se aplica: indica que o IBRv2 não foi aplicado no agrupamento seja por ausência ou insuficiência de **n** amostral na campanha em questão.

Para cada agrupamento (todos os indivíduos, Characiformes, Cichliformes, Siluriformes, ictiófagos e invertívoros bentônicos) e campanha, as respostas dos biomarcadores integrados estão representados por um gráfico de radar no qual as respostas dos peixes de CN estão representadas em verde (—), de CP em violeta (—) e de DA em preto (—), seguidos de um gráfico de barras no qual está representado o valor do Índice de Integração de Respostas de Biomarcadores versão 2 (IBRv2), sendo neste gráfico a linha verde representativa dos peixes do ponto CN, e as barras violeta e preta dos pontos CP e DA, respectivamente. AChE - MÚSCULO: acetilcolinesterase em tecido muscular; AChE - CÉREBRO: acetilcolinesterase em tecido cerebral.

Na avaliação dos pontos amostrais separadamente (Tabela 29), quando considerados todos os peixes capturados no compartimento 1, observa-se que no ponto CN houve aumento gradativo do IBRv2 ao longo das campanhas, sendo o maior valor observado na 4ª campanha, no ponto CP o maior IBRv2 foi observado na 3ª campanha, seguida da 4ª e da 2ª, respectivamente, ao passo que nos pontos DA e DQ o maior IBRv2 foi observado na campanha 2, com decréscimo ao longo das campanhas subsequentes. Os Characiformes, assim como os Siluriformes foram coletados em todas as campanhas apenas no ponto CN, sendo em ambos observado que o maior IBRv2 aconteceu na 4ª campanha, nos Characiformes o IBRv2 apresentou uma diferença expressiva em relação às demais campanhas, enquanto nos Siluriformes observou-se um aumento gradativo do IBRv2 ao longo das campanhas. Os Cichliformes, avaliados em todas as campanhas apenas nos pontos CN e CP, apresentaram maior IBRv2 na campanha 2, seguida das campanhas 4 e 3, respectivamente, no ponto CN, enquanto no ponto CP o maior IBRv2 aconteceu na 4ª campanha, com diferença bastante expressiva em relação às demais campanhas. Nos peixes de hábito alimentar invertívoro bentônico, avaliados em todas as campanhas nos pontos CN, CP e DA, observa-se que em CN houve aumento gradativo do IBRv2 ao longo das campanhas, sendo o maior valor observado na 4ª campanha, no ponto CP, por sua vez, o maior IBRv2 aconteceu na 3ª campanha, seguida da 4ª e da 2ª campanha, respectivamente, enquanto no ponto DA o maior IBRv2 foi observado na 2ª campanha, com redução gradativa no valor ao longo das campanhas subsequentes.

Tabela 29. Índice integrado de Respostas dos Biomarcadores (IBRv2) de neurotoxicidade dos peixes dos pontos amostrais CN, CP, DA e DQ do compartimento 1, comparação entre as campanhas.

	CN	CP	DA	DQ
TODOS	IBRv2	IBRv2	IBRv2	IBRv2
CHARACIFORMES	IBRv2	Não se aplica		
CICHLIFORMES	IBRv2	IBRv2	Não se aplica	

	CN	CP	DA	DQ
SILURIFORMES	 IBRv2	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
INVERTÍVOROS BENTÔNICOS	 IBRv2	 IBRv2	 IBRv2	Não se aplica

Não se aplica: indica que o IBRv2 não foi aplicado no agrupamento seja por ausência ou insuficiência de **n** amostral na campanha em questão.

Para cada agrupamento (todos os indivíduos, Characiformes, Cichliformes, Siluriformes, ictiófagos e invertívoros bentônicos) e ponto amostral, as respostas do biomarcadores integrados estão representados por um gráfico de radar no qual as respostas dos peixes capturados na 1ª campanha estão representadas em verde claro (—), da 2ª campanha em azul (—), da 3ª campanha em amarelo (—) e da 4ª campanha em verde escuro (—), seguidos de um gráfico de barras no qual está representado o valor do Índice de Integração de Respostas de Biomarcadores versão 2 (IBRv2), sendo neste gráfico a linha verde clara representativa dos peixes capturados na 1ª campanha e as barras azul, amarela e verde escuro dos peixes capturados na 2ª, 3ª e 4ª campanha, respectivamente.

3.1.1.1.10. Biomarcador de dano em proteínas – PCO

Na avaliação do dano em proteínas nota-se que no compartimento 1, considerando todos os peixes amostrados, os peixes do ponto DA apresentaram maior concentração e proteínas carboniladas (PCO) em relação aos peixes do ponto CN, na 1ª campanha e em relação aos pontos CN, CP e DQ, na 3ª campanha. Ainda, em relação à avaliação do dano em cada ponto ao longo das campanhas nota-se que de maneira geral a PCO esteve similar ao longo das quatro campanhas nos pontos CP e DQ, enquanto no ponto CN esta esteve maior na 3ª campanha em relação à 1ª e à 2ª (Tabela 30).

Em relação aos demais agrupamentos de peixes, seja de acordo com sua ordem ou com seu hábito alimentar, no compartimento 1, devido à ausência ou insuficiência de n amostral, na maioria dos pontos e campanhas não foi possível realizar a análise estatística destes dados. Assim, destaca-se que no agrupamento dos peixes de hábito alimentar invertívoro bentônicos, nos quais algumas comparações foram realizadas, o padrão de respostas foi similar ao previamente descrito para o conjunto de todos os peixes amostrados neste compartimento, com o maior nível de PCO nos peixes de DA em relação aos de CN e DQ, na 1ª campanha (Tabela 30).