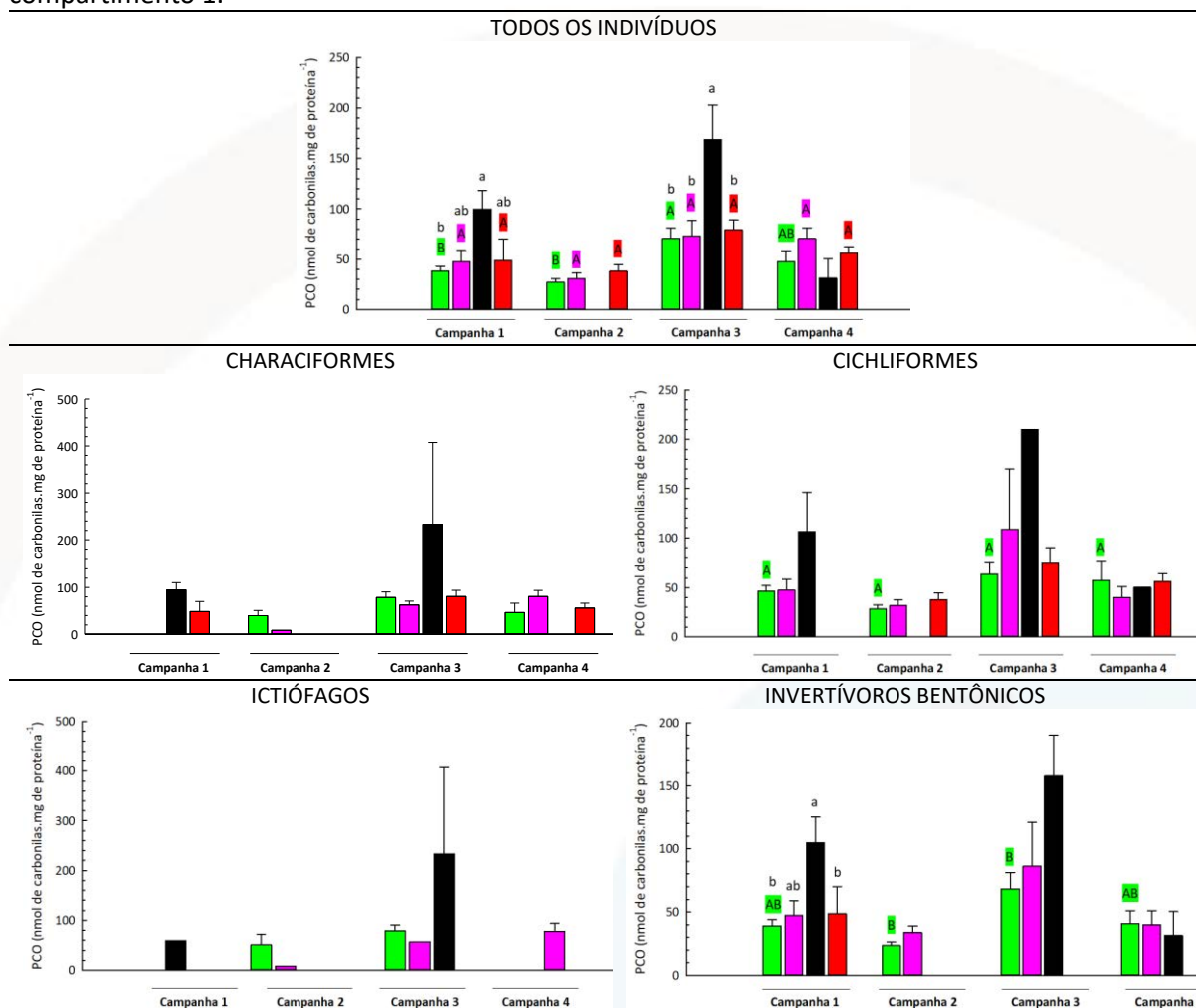


Tabela 30. Proteínas carboniladas no tecido muscular dos peixes dos pontos CN, CP, DA e DQ, do compartimento 1.



CN: Barras verdes; CP: barras violeta; DA: barras pretas; DQ: barras vermelhas. Letras minúsculas (abc) diferentes indicam diferença estatística entre os pontos amostrais em cada uma das campanhas. Letras maiúsculas (ABC) diferentes indicam diferença estatística entre as campanhas para cada um dos pontos amostrais: verde – CN, violeta – CP, preto – DA e vermelho – DQ. As letras abc ou ABC representam também um gradiente de grandeza, sendo $a > b > c$ e $A > B > C$. PCO=proteínas carboniladas. Dados estão representados como média $\pm$ erro padrão da média. Significância considerada quando $p < 0,05$.

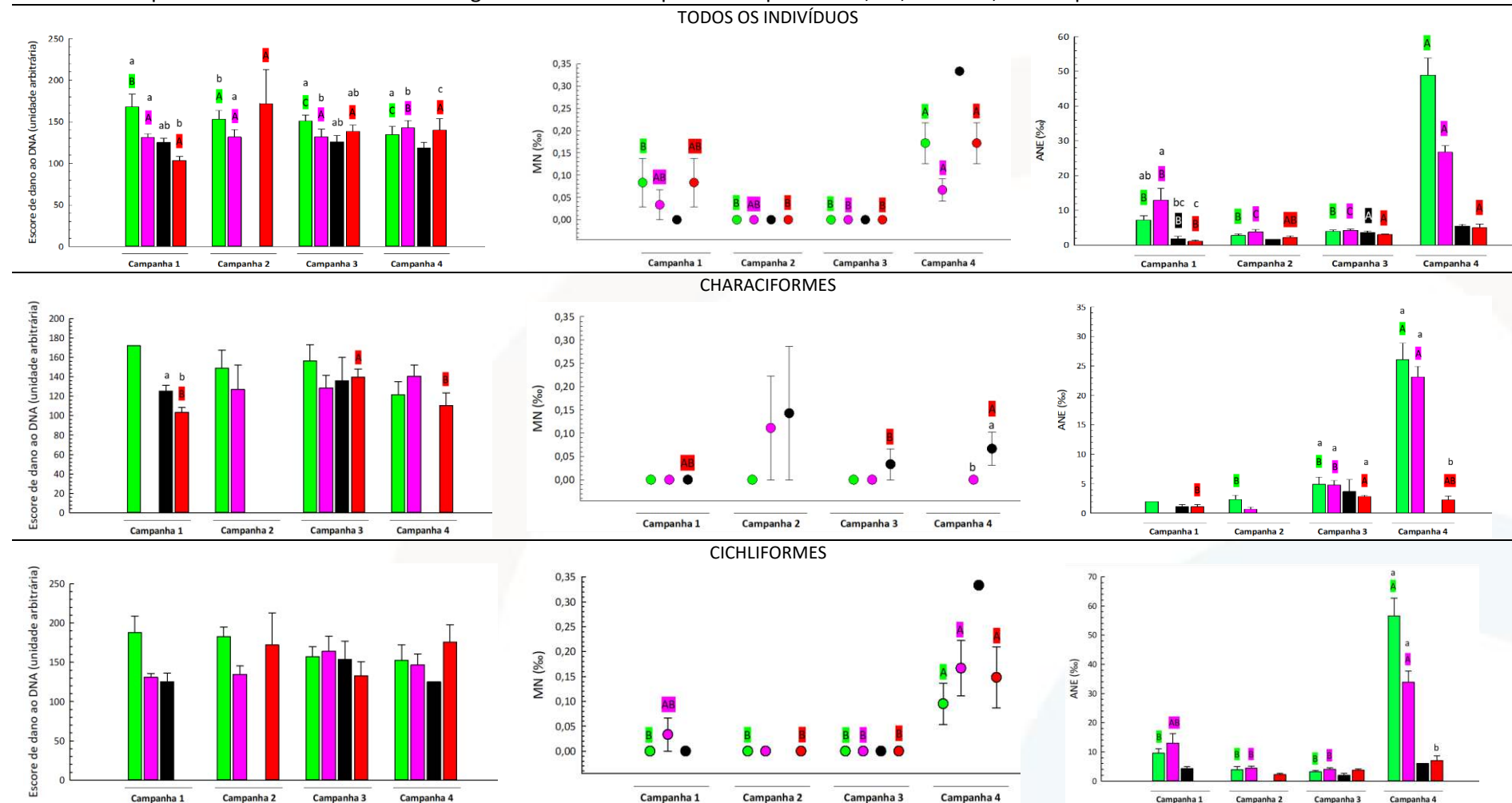
3.1.1.1.11. Biomarcadores de genotoxicidade e mutagenicidade – ensaio cometa, MN e ANE

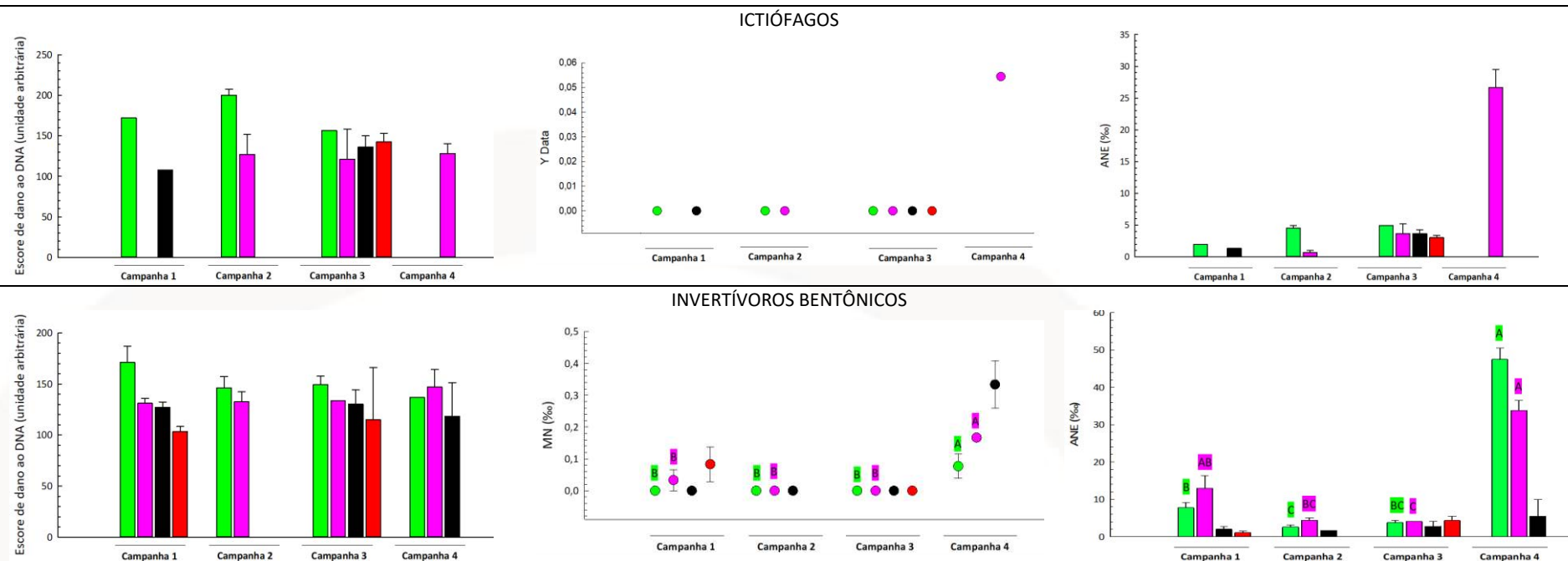
Na avaliação dos biomarcadores de citogenotoxicidade nos peixes do compartimento 1 nota-se que, no geral, o escore de dano ao DNA esteve superior nos peixes dos pontos CN, quando considerados todos os peixes amostrados neste compartimento, do que nos peixes dos demais pontos amostrais. Na avaliação temporal observa-se que nos peixes dos pontos CN e CP os menores escores de dano ocorreram nos peixes da 3ª e 4ª e da 4ª campanha, respectivamente. Quanto à frequência de MN nota-se que esta não apresentou diferenças significativas nos peixes dos diferentes pontos amostrais em cada uma das quatro campanhas, porém, na avaliação temporal observa-se que na 4ª campanha os peixes dos pontos CN, CP e DQ apresentaram frequência de MN aumentada em

relação à frequência observada em uma ou mais campanhas anteriores. Por fim, a frequência de ANE se apresentou diferente entre os peixes dos diferentes pontos amostrais do compartimento 1, na 1ª campanha, com a frequência em CN sendo superior à de DQ, e a de CP superior à de DA e DQ. Ainda em reação à frequência de ANE, nota-se que a mesma esteve maior na 4ª campanha para os peixes dos pontos CN e CP, em relação às demais campanhas, em DA na 3ª campanha em relação à 1ª e em DQ na 3ª e 4ª em relação à 2ª (Tabela 31.)

Na avaliação de acordo com a ordem ou hábito alimentar dos peixes, considerando que determinados agrupamentos não foram representados em todos os pontos e campanhas e, portanto, não foram avaliados estatisticamente. Assim, dentre as avaliações realizadas nota-se que no geral a frequência de ANE foi o biomarcador que apresentou maior quantidade de diferenças, seja entre os pontos amostrais em cada uma das campanhas ou entre as quatro campanhas para cada um dos pontos amostrais (Tabela 31).

Tabela 31. Respostas dos biomarcadores de citogenotoxicidade nos peixes dos pontos CN, CP, DA e DQ, do compartimento 1.





CN: Barras ou círculos verdes; CP: barras ou círculos violeta; DA: barras ou círculos pretos; DQ: barras ou círculos vermelhos. Letras minúsculas (abc) diferentes indicam diferença estatística entre os pontos amostrais em cada uma das campanhas. Letras maiúsculas (ABC) diferentes indicam diferença estatística entre as campanhas para cada um dos pontos amostrais: verde – CN, violeta – CP, preto – DA e vermelho – DQ. As letras abc ou ABC representam também um gradiente de grandeza, sendo $a > b > c$ e $A > B > C$. Escor de dano em DNA= ensaio cometa no tecido sanguíneo. MN= frequência de micronúcleos em eritrócitos. ANE= frequência de alterações nucleares eritrocitárias. Dados estão representados como média $\pm$ erro padrão da média. Significância considerada quando $p < 0,05$.

3.1.1.2. BIOACUMULAÇÃO DE EPTS

Dados faltantes, representados por espaços em branco no mapa de calor, representam grupos cujo n amostral foi insuficiente para a análise estatística dos dados ou grupos que não foram amostrados naquele ponto amostral e/ou campanha. Ainda, destaca-se que todos os EPTs foram detectados nos peixes de todos os pontos amostrais, tanto no tecido muscular quanto no tecido hepático.

MÚSCULO

Comparação entre pontos

A bioacumulação de 19 EPTs foi mensurada no tecido muscular dos peixes e quando avaliada a diferença na bioacumulação ocorrida no conjunto de todos os peixes amostrados em cada um dos pontos amostrais do compartimento 1, observa-se, por meio do mapa de calor apresentado na Tabela 70, que todos os EPTs foram detectados em todos os pontos amostrados (CN, CP, DA e DQ), nas 4 campanhas. É importante ressaltar que o ponto DA, na 2ª campanha, não foi avaliado, e, portanto, não está representado no mapa de calor, devido à insuficiência amostral (n=1), embora todos os EPTs também tenham sido detectados na amostra muscular do peixe proveniente deste ponto (laudo anexo xxx). Na 1ª, 2ª e 4ª campanha destaca-se que os peixes do ponto DQ apresentaram um maior número de EPTs em concentração superior aos demais pontos, sendo cinco (Cu, Hg, Mn, Pb e Zn) na 1ª campanha, quatro (Ba, Fe, Mn e Pb) na 2ª campanha e 11 (Al, Ba, Ce, Co, Cr, Fe, La, Mn, Ni, Pb e Se) na 4ª campanha. Ainda, observou-se que os peixes do ponto DA, avaliados apenas nas campanhas 1, 3 e 4, apresentaram também diversos EPTs em concentrações mais elevadas do que as observadas nos peixes dos pontos CN e/ou CP.

Na avaliação dos peixes agrupados de acordo com sua ordem, observou-se que os peixes Characiformes do ponto DQ apresentaram as maiores concentrações de Hg e Ni na 3ª campanha e de Al, Ce, Co, Cr, Fe, La, Mn, Pb e Zn na 4ª campanha, quando comparados aos valores observados em CN e CP. Ainda, em DA as concentrações de Hg e Ni também foram superiores às de CN e CP. Lembrando que o agrupamento dos Characiformes não foi avaliado neste compartimento em todos os pontos na 2ª campanha, em CN e CP na 1ª campanha e em DA na 3ª campanha (Tabela 70).

Em relação aos peixes da ordem Cichliformes, os mesmos não foram avaliados no ponto DQ na 1ª campanha e no ponto DA nas demais campanhas (Tabela 70). Assim, considerando os pontos e campanhas em que este grupo foi avaliado observa-se que na 1ª campanha os pontos CN, CP e DA e na 2ª campanha os pontos CN, CP e DQ, apresentaram, no geral, níveis de bioacumulação semelhantes entre si, destacando que na 2ª campanha os níveis de Ba, Fe e Pb estiveram superiores nos Cichliformes do ponto DQ. Na 3ª campanha, os peixes desta ordem apresentaram níveis de EPTs semelhantes em

CN e DQ, estando ambos no geral com uma maior quantidade de EPTs em concentrações superiores às observadas em CP. Por fim, na 4ª campanha fica evidente que o ponto DQ apresentou maior bioacumulação de 11 dos 19 EPTs avaliados, em relação tanto ao ponto CP, quanto ao ponto CN. Tais EPTs em elevadas concentrações no ponto DQ foram Ag, Al, Cd, Ce, Fe, La, Mn, Ni, Pb, Sb e Sn.

Os peixes da ordem Siluriformes foram avaliados no compartimento 1 apenas nos pontos CN, CP e DA e apenas na 3ª campanha, sendo que nesta campanha a maior quantidade de EPTs encontrados em maiores concentrações ocorreu nos peixes do ponto CN (Tabela 70).

Ainda, os peixes foram também agrupados de acordo com seus hábitos alimentares e avaliados em relação à bioacumulação (Tabela 70). Assim, observou-se que os peixes de hábito alimentar detritívoro não foram representativos na maioria dos pontos e campanhas amostrais, porém, observou-se que na 4ª campanha os peixes deste hábito alimentar no ponto DQ apresentaram maiores concentrações de Al, Ba, Ce, Fe, Hg, La e Mn em relação aos peixes do ponto CN.

Similarmente, os peixes de hábito alimentar ictiófago foram representados apenas na 4ª campanha e nos pontos CN, DA e DQ, sendo evidenciado que os peixes do ponto DQ apresentaram 5 EPTs (Hg, Mn, Ni, Se e Sn) em concentrações superiores às observadas nos pontos DA e CN, ainda os níveis de As em DA e DQ e os níveis de Hg, Mn, Se e Sn em DA foram superiores aos níveis observados em CN (Tabela 70).

Em relação aos peixes de hábito alimentar invertívoro bentônico observa-se que na 1ª campanha os peixes do ponto DQ apresentaram maior bioacumulação dos EPTs Cu, Hg, Mn e Zn, enquanto os peixes do ponto DA apresentaram maior bioacumulação de Ba, La e Ni e no ponto CP observou-se a maior bioacumulação de Al, As e Se. Na 2ª e na 4ª campanha não foram amostrados peixes com este hábito alimentar nos pontos DA e DQ. Já na 3ª campanha apenas em DQ não foram amostrados peixes de hábito alimentar invertívoro bentônico, ainda, na 3ª campanha observou-se que os peixes de CN apresentaram a maior bioacumulação de Al, Ba, Ce, La e Sn, embora os peixes de DA tenham apresentado uma série de EPTs em concentrações superiores às observadas no ponto CP (Al, Ba, Ce, Cr, Fe, La, Ni, Pb, Sb e Sn) (Tabela 70).

Por fim, os peixes de hábito alimentar omnívoro foram amostrados no compartimento 1 apenas nas campanhas 3 e 4, embora na 3ª campanha apenas nos pontos CP e DQ e na 4ª campanha nos pontos CN, CP e DQ (Tabela 70). Assim, na 3ª campanha observou-se que os peixes do ponto DQ apresentaram a maior bioacumulação de Fe, Hg, Mn, Ni e Zn, quando comparada à bioacumulação dos peixes do ponto CP, ao passo que na 4ª campanha o ponto DQ apresentou a maior bioacumulação de sete EPTs (Al, Co, Cr, Fe, Hg, Mn e Se), quando comparado à bioacumulação de CP e de CN.

Comparação entre campanhas

Avaliando individualmente cada um dos pontos amostrais do compartimento 1, nota-se que de maneira geral os peixes dos pontos CN e CP, capturados na 2ª campanha apresentaram as maiores concentrações para grande parte dos EPTs avaliados. O ponto DA, por sua vez, não foi avaliado na 2ª campanha e neste caso, observou-se os peixes da 1ª campanha foram os que apresentaram a maior quantidade de EPTs em concentrações superiores às das demais campanhas. Por fim, no ponto DQ observa-se que os peixes das campanhas 2 e 4 apresentaram concentrações semelhantes para a maioria dos EPTs, sendo estas superiores às concentrações observadas nas demais campanhas. Ainda, destaca-se que no ponto CP observou-se que os peixes das quatro campanhas apresentaram bioacumulação semelhante de Ba, ao passo que os de CP apresentaram similaridade nos níveis de Mn e os de DQ apresentaram bioacumulação semelhante de Cu e Ni. Já os peixes do ponto DA, lembrando que estes não foram avaliados na 2ª campanha, apresentaram níveis semelhantes de Al, Cu, Fe e Pb nos peixes das demais campanhas (Tabela 71).

Considerando apenas os peixes da ordem Characiformes nota-se que estes não foram avaliados em todos os pontos e campanhas (Tabela 71). Assim, destaca-se que em relação aos peixes de CP, aqueles capturados na 2ª campanha apresentaram maior quantidade de EPTs em concentrações superiores às dos peixes coletados neste mesmo ponto, nas campanhas subsequentes. No ponto CP apenas foram avaliados Characiformes nas campanhas 3 e 4, sendo constatado que os peixes capturados na 4ª campanha apresentaram maiores concentrações de 16 dos 19 EPTs. Em relação aos peixes Characiformes de DA, estes foram avaliados apenas nas campanhas 1 e 3, nas quais observou-se que a maior parte dos EPTs esteve em concentrações similares no tecido muscular destes peixes. Por fim, o ponto DQ, em relação aos peixes da ordem Characiformes, foi avaliado nas campanhas 1, 3 e 4, e destas, os peixes capturados na 4ª campanha apresentaram a maior quantidade de EPTs em concentrações superiores às concentrações encontradas nas demais campanhas avaliadas.

Quanto aos peixes da ordem Cichliformes, estes foram avaliados apenas nos pontos CN, CP e DQ, no compartimento 1. Assim, no ponto CN nota-se que os peixes da 2ª campanha apresentaram 6 EPTs em concentrações maiores que os das demais campanhas, ao passo que neste mesmo ponto as concentrações de Al, Ba, Ce, Cu, Fe e Mn apresentaram concentrações semelhantes entre os peixes Cichliformes das quatro campanhas. No ponto CP 13 dos 19 EPTs apresentaram concentrações mais elevadas nos peixes Cichliformes da 2ª campanha, enquanto apenas o Ba e o Mn apresentaram concentrações similares nos peixes das quatro campanhas. Por fim, os Cichliformes de DQ, avaliados apenas nas campanhas 2, 3 e 4, apresentaram menor variação nas concentrações dos EPTs ao longo destas campanhas, embora os peixes da 2ª e da 4ª campanha tenham apresentado maior concentração de diversos EPTs em relação às concentrações encontradas nos peixes da 3ª campanha. (Tabela 71).

Os Siluriformes foram amostrados apenas no ponto CN no compartimento 1, assim, destaca-se que, no geral, as maiores concentrações da maioria dos EPTs foram encontradas nos peixes coletados na 2ª campanha, seguidos dos peixes coletados na 3ª e na 4ª campanha, enquanto nos peixes coletados na 1ª campanha foram observadas as menores concentrações. Ainda, nota-se que nestes peixes a concentração de Hg foi similar ao longo das quatro campanhas amostrais (Tabela 71).

No que se trata dos agrupamentos dos peixes de acordo com seus hábitos alimentares, nota-se que os detritívoros foram avaliados apenas no ponto DQ, enquanto os ictiófagos apenas no ponto CN. Assim, em relação aos detritívoros do ponto DQ, destaca-se que estes não foram amostrados na 1ª campanha e nas demais apresentaram a maior parte dos EPTs em concentrações semelhantes. Já os ictiófagos de CN foram avaliados apenas nas campanhas 2 e 3, sendo observado que os aqueles que foram capturados na 2ª campanha apresentaram maior bioacumulação de sete EPTs, enquanto os da 3ª campanha apresentaram maior bioacumulação de três EPTs (Tabela 71).

Ainda em relação aos diferentes hábitos alimentares, nota-se que os peixes de hábito invertívoro bentônico foram amostrados nos pontos CN, CP e DQ do compartimento 1, embora no ponto DQ apenas nas campanhas 1 e 3. Em relação aos invertívoros bentônicos de CN e CP destaca-se que nestes a maior bioacumulação da maioria dos EPTs aconteceu na 2ª campanha, enquanto no ponto DQ nota-se que os peixes capturados na 1ª campanha apresentaram maior bioacumulação de três EPTs ao passo que os da 3ª campanha apresentaram maior bioacumulação de oito EPTs. Por fim, o último hábito alimentar avaliado nos peixes do compartimento 1 foi o dos peixes omnívoros, sendo os mesmos avaliados apenas nas campanhas 3 e 4 dos pontos CP e DQ. Destaca-se que nos omnívoros tanto de CP quanto de DQ a maior bioacumulação para a maioria dos EPTs aconteceu nos peixes coletados na 4ª campanha (Tabela 71).

FÍGADO

Comparação entre os pontos

No tecido hepático dos peixes do compartimento 1, considerando todo o conjunto de peixes coletados, avaliou-se os quatro pontos amostrais (CN, CP, DA e DQ) apenas na 3ª campanha, na 4ª campanha avaliou-se apenas os pontos CN, CP e DQ, enquanto nas demais campanhas apenas CN e CP foram avaliados (Tabela 72). Assim, nas campanhas 1 e 2 observa-se que os peixes do ponto CP apresentaram maior quantidade de EPTs em concentração superior às observadas no ponto CN. Na 3ª campanha os peixes do ponto CN apresentaram a maior bioacumulação de Al e Ba, enquanto os do ponto CP apresentaram maior bioacumulação de Ce, Co, Fe e La e o ponto DQ de Hg, Pb e Zn. Ainda, os peixes do ponto DA apresentaram concentração de Hg e Zn superiores às dos peixes dos pontos CN e CP. Por fim, na 4ª campanha, observa-se que a maior quantidade de EPTs em concentrações

superiores aos demais grupos aconteceu no ponto DQ, sendo eles Ag, La, Ni, Sb e Sn, enquanto os peixes do ponto CP apresentaram as maiores concentrações de Hg, Pb e Zn.

Avaliando os peixes do compartimento 1 de acordo com sua ordem, nota-se que nos Characiformes, avaliados apenas na 3ª campanha e nos pontos CN, CP e DQ, os peixes do ponto CP foram os que apresentaram o maior número de EPTs (cinco, As, Ce, Co, La e Ni) em concentrações superiores às observadas nos demais pontos, enquanto DQ apresentou a maior bioacumulação apenas para o Hg. Em relação aos peixes da ordem Cichliformes, observa-se que estes foram avaliados apenas nos pontos CN e CP na 1ª e na 2ª campanha, nas quais CP apresentou o maior número de EPTs em concentrações superiores à CN. Já na 3ª e na 4ª campanha, além de CN e CP, foram também avaliados os Cichliformes de DQ. Na 3ª campanha nota-se que nos três pontos avaliados houve bioacumulação em níveis semelhantes para a maioria dos EPTs, destacando-se que CN apresentou a maior bioacumulação de Ba, CP de As e Fe e DQ de Ag e Ni. Já na 4ª campanha os peixes Cichliformes do ponto DQ foram os que apresentaram a maior quantidade de EPTs em concentrações superiores às observadas nos peixes dos demais pontos avaliados, sendo eles Ag, Cu, Ni, Sb e Sn, ainda nesta campanha os peixes do ponto CP apresentaram a maior bioacumulação dos EPTs As, Hg e Zn. A última ordem avaliada no compartimento 1 foi a dos peixes Siluriformes, sendo esta observada apenas na 3ª campanha e nos pontos CN, CP e DA. Nesta ordem nota-se que os peixes do ponto CN apresentaram a maior bioacumulação dos EPTs Al, Ba, Ce e Se, o ponto CP de Ni e o ponto DA de Hg, Pb e Zn (Tabela 72).

Quanto aos diferentes hábitos alimentares, no compartimento 1 observou-se que por falta de amostral poucas avaliações foram realizadas (Tabela 72). Assim, os peixes de hábito alimentar invertívoro bentônico foram avaliados apenas nos pontos CN e CP nas campanhas 1, 2 e 4, e nos pontos CN, CP e DA na 3ª campanha. Neste caso, na 3ª campanha observou-se que os peixes dos pontos CN e CP apresentaram mais EPTs em concentrações superiores aos demais pontos, sendo Al, Ba e Ce no ponto CN e As, La, Ni e Sb no ponto CP. Ainda, avaliando os peixes de hábito alimentar omnívoro, os quais foram representados apenas nos pontos CP e DQ na 3ª campanha, observa-se que DQ apresentou oito EPTs em concentração superiores às de CP, enquanto em CP apenas três EPTs estiveram em concentrações superiores às de CP.

Comparação entre campanhas

No tecido hepático dos peixes do ponto CN nota-se que ao avaliar a bioconcentração esta foi similar para a maioria dos EPTs nos peixes das quatro campanhas. Destaca-se que o Al esteve em maior concentração nos peixes da 2ª campanha, enquanto o Hg e o Pb estiveram em maior concentração nos peixes da 1ª campanha. No ponto CP fica evidente que os peixes da 2ª campanha foram os que apresentaram a maior bioacumulação para grande parte dos EPTs, enquanto os da 4ª campanha foram

os que apresentaram a menor bioacumulação. No ponto DA a bioacumulação no tecido hepático não foi avaliada, enquanto no ponto DQ esta foi avaliada apenas em peixes capturados na 3ª e na 4ª campanha, sendo neste ponto observada a maior bioacumulação de Fe, Hg, Pb e Zn nos peixes da 3ª campanha e de Ag, As, Ce, Cu e La nos peixes da 4ª campanha (Tabela 73).

Os peixes da ordem Characiformes foram avaliados quanto à bioacumulação de EPTs no tecido hepático apenas na 2ª e 3ª campanha e 3ª e 4ª campanha nos pontos CN e CP, respectivamente (Tabela 73). No ponto nota-se que os Characiformes apresentaram níveis semelhantes de EPTs nas duas campanhas avaliadas, já no ponto CP os peixes da 3ª campanha apresentaram maiores concentrações de 12 dos 19 EPTs avaliados.

Quanto aos peixes da ordem Cichliformes nota-se que no ponto CN a maior parte dos EPTs esteve bioacumulada no tecido hepático em concentrações semelhantes nos peixes das quatro campanhas amostradas. Destaca-se os EPTs Ag e Hg que apresentaram maior bioacumulação nos peixes da 1ª campanha e os EPTs Al, Ba, Mn e Sn que estiveram em maior concentração nos peixes da 3ª campanha. No ponto CP nota-se que os peixes Cichliformes da 4ª campanha foram os que apresentaram, no geral, a menor bioacumulação, ao passo que os peixes capturados na 2ª campanha apresentaram as maiores concentrações de As, Hg, Pb e Zn, enquanto os da 3ª campanha apresentaram a maior bioacumulação de Cu, Fe, Mn e Sn. Por fim, os peixes Cichliformes foram avaliados na 3ª e 4ª campanha, no ponto DQ, e neste nota-se que aqueles capturados na 3ª campanha apresentaram a maior bioacumulação de Cd, Fe, Hg e Zn (Tabela 73).

A última ordem avaliada no compartimento 1 foi a dos peixes Siluriformes, sendo esta avaliada apenas no ponto CN (Tabela 73). Nestes peixes nota-se que 16 EPTs estiveram em concentrações semelhantes nos peixes das quatro campanhas amostradas, enquanto aqueles da 1ª campanha apresentaram a maior bioacumulação de Pb, os da 2ª de Se e os da 3ª de Al.

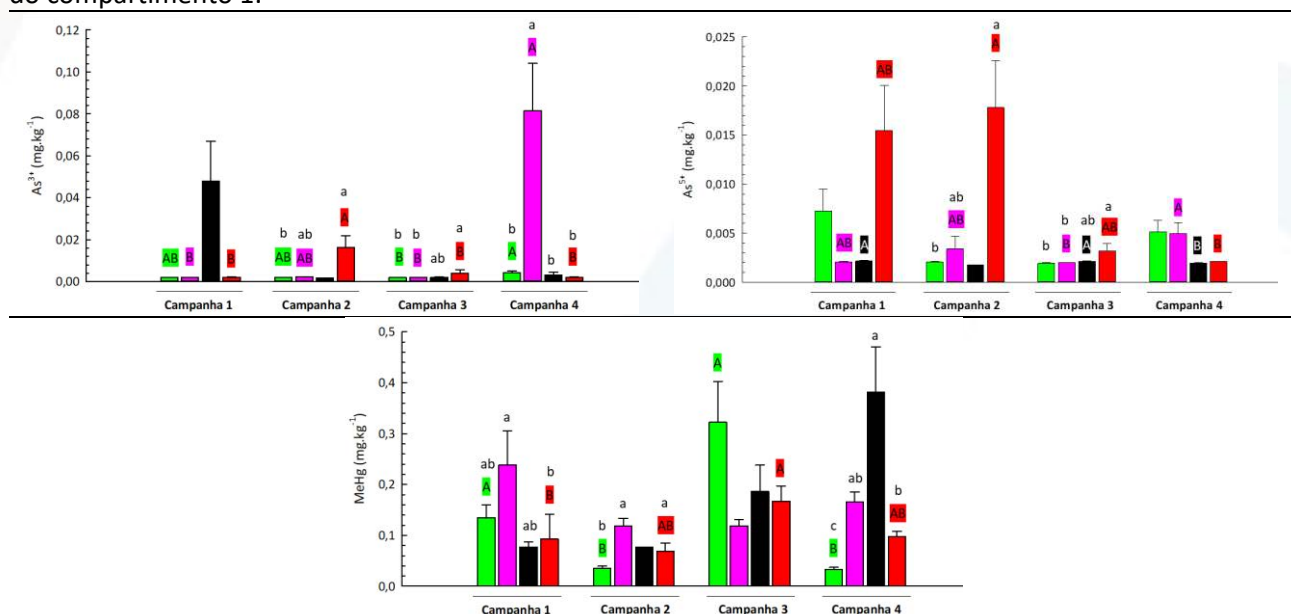
ESPECIAÇÃO

No compartimento 1, nota-se que na 2ª e na 3ª campanha os peixes do ponto DQ apresentaram maior bioacumulação de As(III) em relação aos peixes dos pontos CN e CN e CP, respectivamente. Na 4ª campanha, no entanto, os peixes do ponto CP foram os que apresentaram a maior bioacumulação destes contaminantes. Avaliando ao longo das campanhas nota-se que as maiores concentrações de As(III) foram observadas na 3ª campanha para os peixes dos pontos CN e CP, e na 2ª campanha para os peixes de DA. Em relação às concentrações de As(V) novamente os peixes do ponto DQ apresentaram concentrações superiores às dos peixes dos pontos CN, na 2ª campanha, e CN e CP, na 3ª campanha. Ao longo das quatro campanhas nota-se que no ponto DQ a concentração de As(V) foi maior na 2ª campanha em relação à 4ª, no ponto DA foi maior nos peixes da 1ª e 2ª

campanhas em relação aos da 4ª campanha e no ponto CP foi maior nos peixes da 4ª campanha em relação aos peixes da 3ª.

Quanto às concentrações de MeHg no tecido muscular, nota-se que na 1ª campanha os peixes do ponto CP apresentaram concentração superior à dos peixes do ponto DQ, na 2ª campanha os peixes de CP e DQ apresentaram concentrações superiores às dos peixes de CN, na 4ª campanha os peixes de DA apresentaram concentrações superiores às concentrações de CN e DQ, assim como DQ apresentou também concentrações superiores às de CN. Na avaliação ao longo das campanhas em CN observou-se maiores concentrações nas campanhas 1 e 3, enquanto em DQ estas foram superiores na 3ª campanha em relação à 1ª.

Tabela 32. Bioacumulação das espécies metálicas As (III), As(V) e MeHg no tecido muscular dos peixes do compartimento 1.



CN: barras verdes, CP: barras violetas; DA: barras pretas e DQ: barras vermelhas. Letras minúsculas (abc) diferentes indicam diferença estatística entre os pontos amostrais em cada uma das campanhas. Letras maiúsculas (ABC) diferentes indicam diferença estatística entre as campanhas para cada um dos pontos amostrais: verde – CN, violeta – CP, preto – DA e vermelho – DQ. As letras abc ou ABC representam também um gradiente de grandeza, sendo a > b > c e A > B > C. Dados estão apresentados como média ± erro padrão da média, $p < 0,05$.

Compartimento 2

3.1.1.3. ALTERAÇÕES NAS CONDIÇÕES CORPORAIS E/OU NA SAÚDE

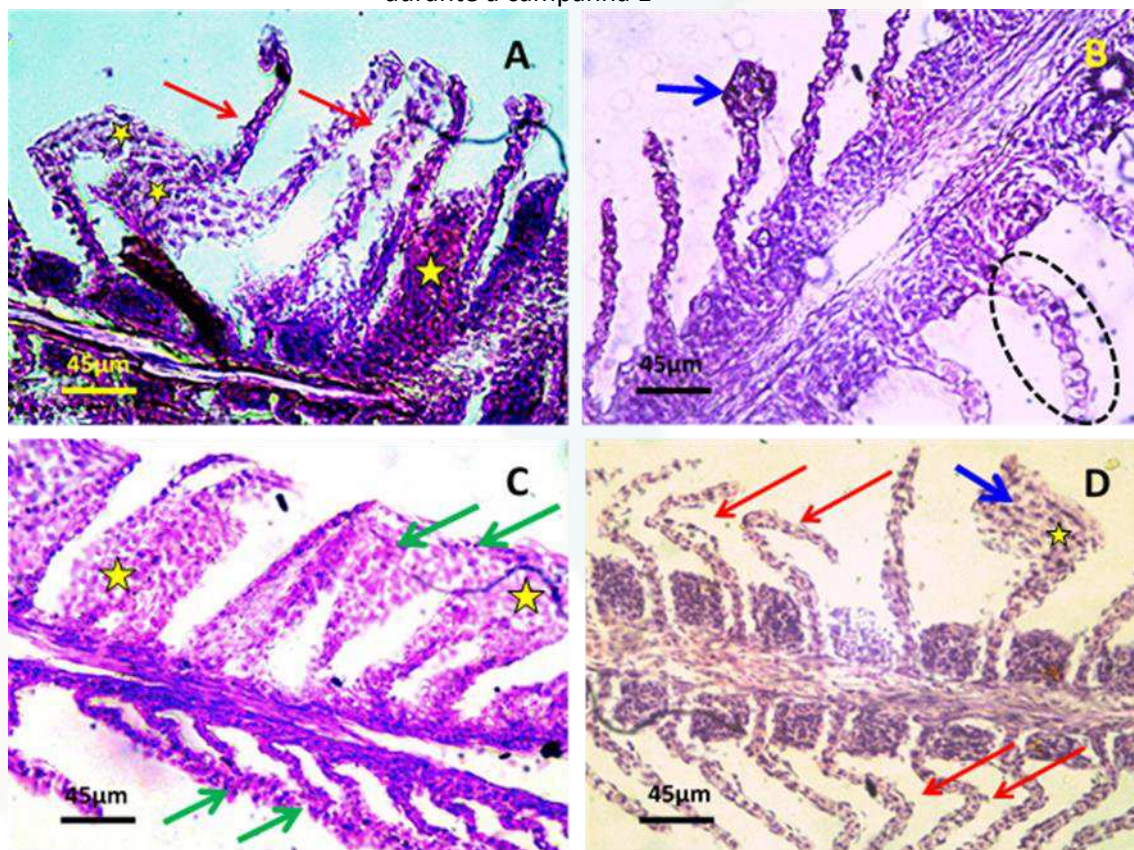
3.1.1.3.1. Prejuízos à estrutura e função das brânquias (biomarcador: histopatologia de brânquias)

Todos os peixes capturados no compartimento 2 apresentaram inúmeras alterações na estrutura das brânquias. Dentre as alterações morfológicas identificadas nas brânquias dos peixes capturados no ponto controle negativo (CN) desse compartimento destacam-se: desestruturação do

filamento branquial, fusão parcial das lamelas primárias, aneurisma (leve), proliferação celular, hipertrofia, hiperplasia, atrofia. Algumas brânquias apresentaram padrão normal, sem alteração (e.g., Figura 34; Figura 35; Figura 36; Figura 37). Os peixes capturados no ponto controle positivo (CP) apresentaram: desestruturação do filamento branquial, aneurisma (leve a moderado), proliferação celular, fusão parcial e/ou total das lamelas primárias, hiperplasia, hipertrofia e deslocamento epitelial (e.g., Figura 38; Figura 39; Figura 40; Figura 41). Os peixes capturados no ponto dentro da APDL (DA) apresentaram: desestruturação do filamento branquial, fusão parcial e/ou total das lamelas primárias, aneurisma (leve a severo), proliferação celular, hipertrofia, hiperplasia, extravasamento de células sanguíneas e atrofia (e.g., Figura 42; Figura 43; Figura 44; Figura 45).

Embora com danos à estrutura branquial bastante similares, quando aplicado o índice de Bernet (IB) observa-se que o ponto cujos peixes apresentaram o maior comprometimento à morfologia do tecido branquial foi o ponto CN (Tabela 33). Ainda, a aplicação do IB para os peixes agrupados por ordem demonstrou que os peixes da ordem Characiformes foram os que tiveram o tecido branquial mais comprometido no ponto CN; os Siluriformes no ponto CP e os Perciformes no ponto DA (Tabela 34).

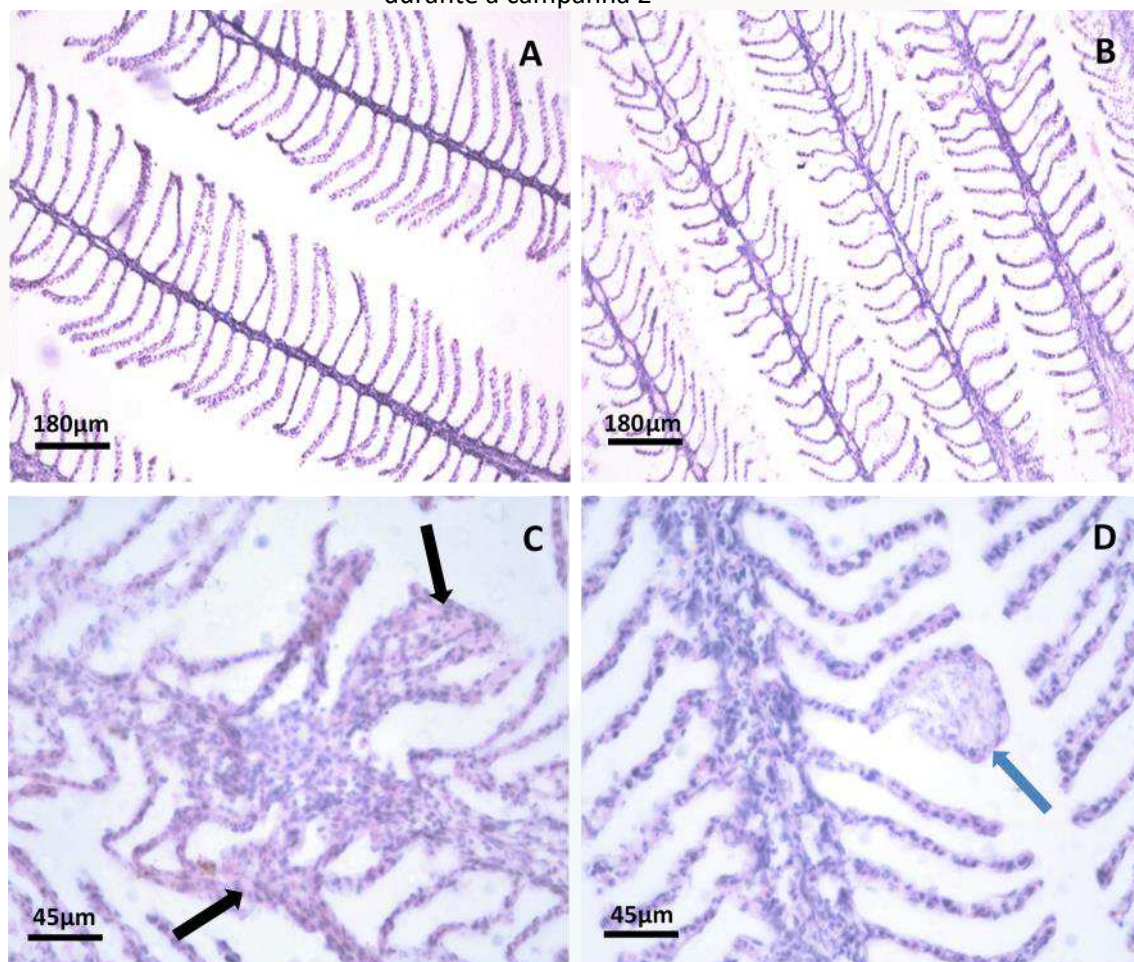
Figura 34. Cortes histológicos de brânquias de espécies capturadas no ponto CN do compartimento 2 durante a campanha 1



Coloração Hematoxilina-Eosina. Seta vermelha = desestruturação do filamento branquial, seta verde = fusão de lamelas, seta azul = aneurisma, estrela amarela = proliferação celular, área circundada pela linha pontilhada preta

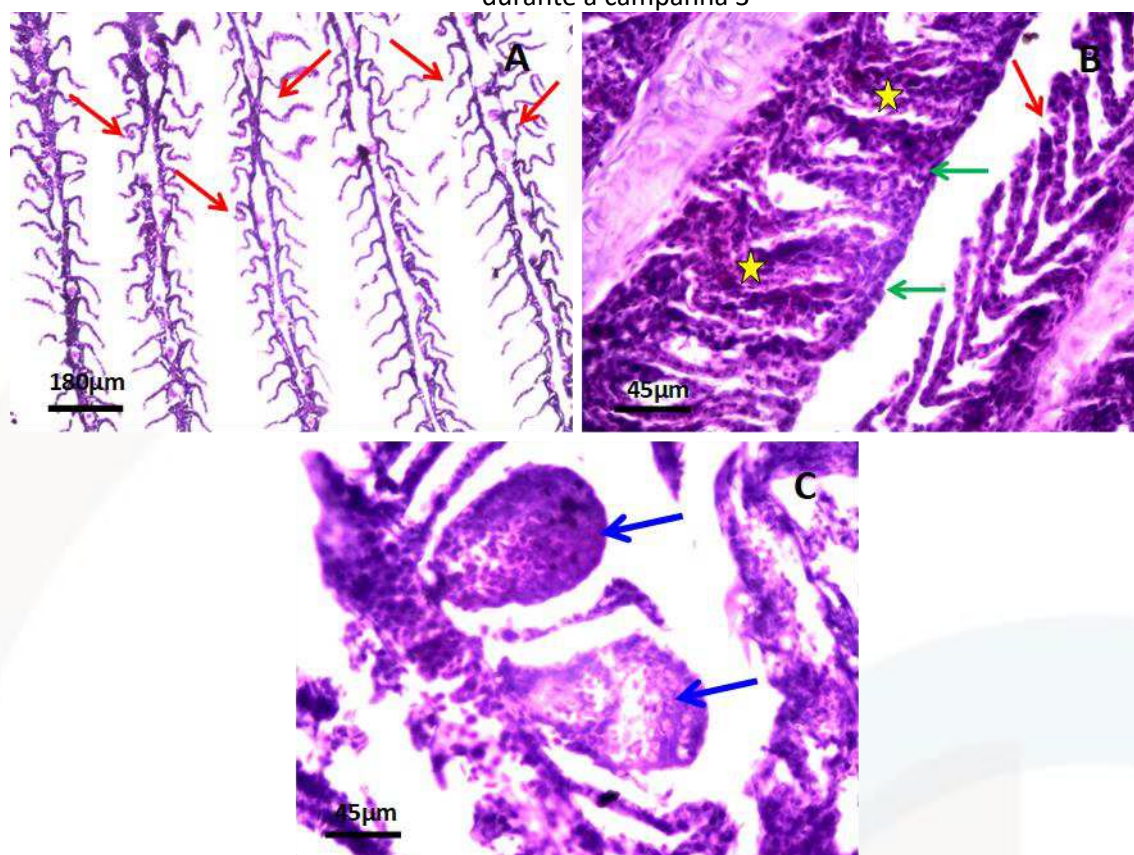
= hipertrofia de células do epitélio branquial. Fonte: LACTEC

Figura 35. Cortes histológicos de brânquias de espécies capturadas no ponto CN do compartimento 2 durante a campanha 2



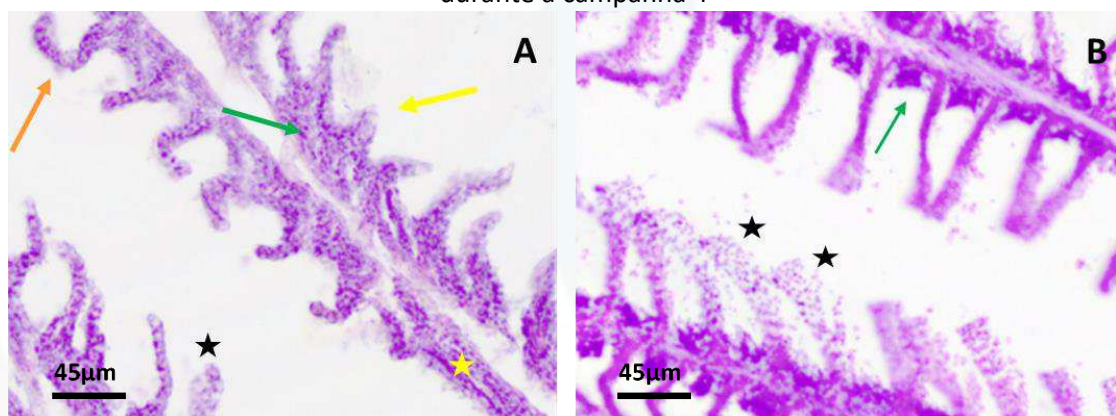
Coloração Hematoxilina-Eosina. A e B – brânquias com padrão normal, não apresentando alterações morfológicas, seta preta = fusão lamelar, seta azul = aneurisma. Fonte: LACTEC

Figura 36. Cortes histológicos de brânquias de espécies capturadas no ponto CN do compartimento 2 durante a campanha 3



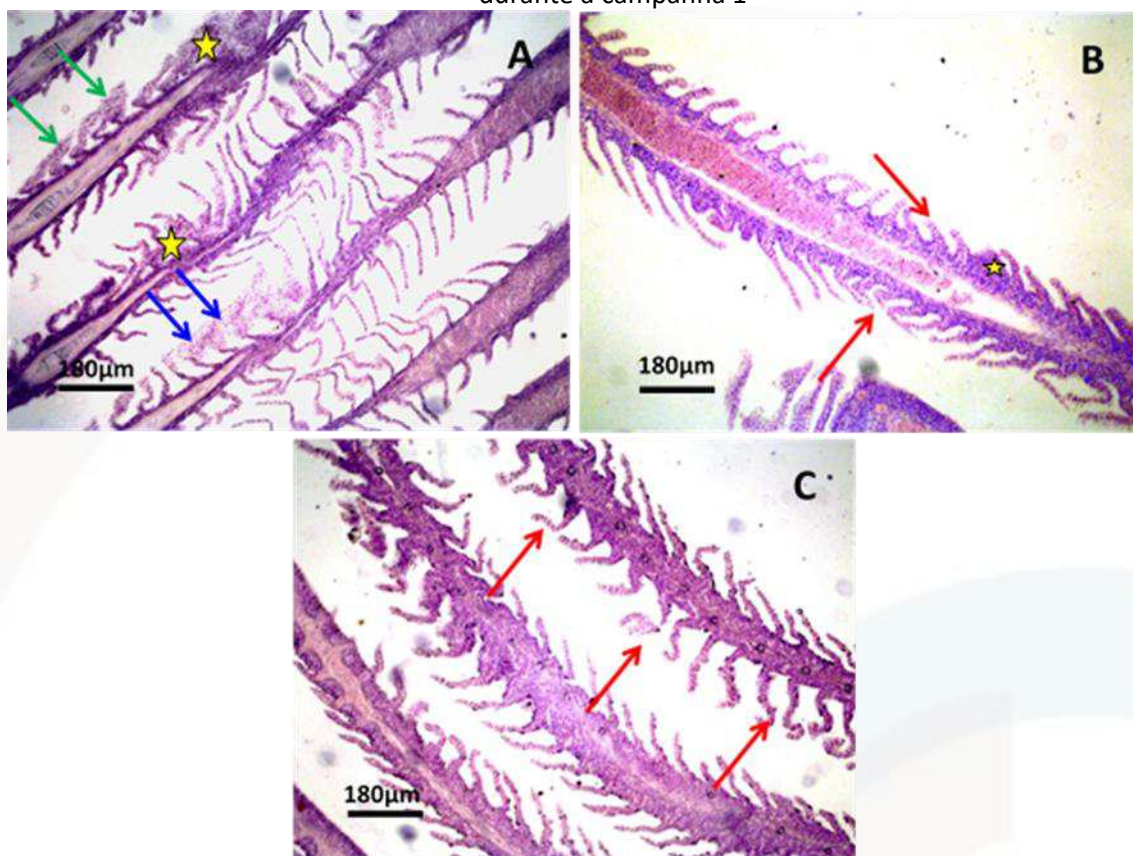
Coloração Hematoxilina-Eosina. Seta vermelha = desestruturação do filamento branquial, seta verde = fusão de lamelas, seta azul = aneurisma, estrela amarela = proliferação celular. Fonte: LACTEC

Figura 37. Cortes histológicos de brânquias de espécies capturadas no ponto CN do compartimento 2 durante a campanha 4



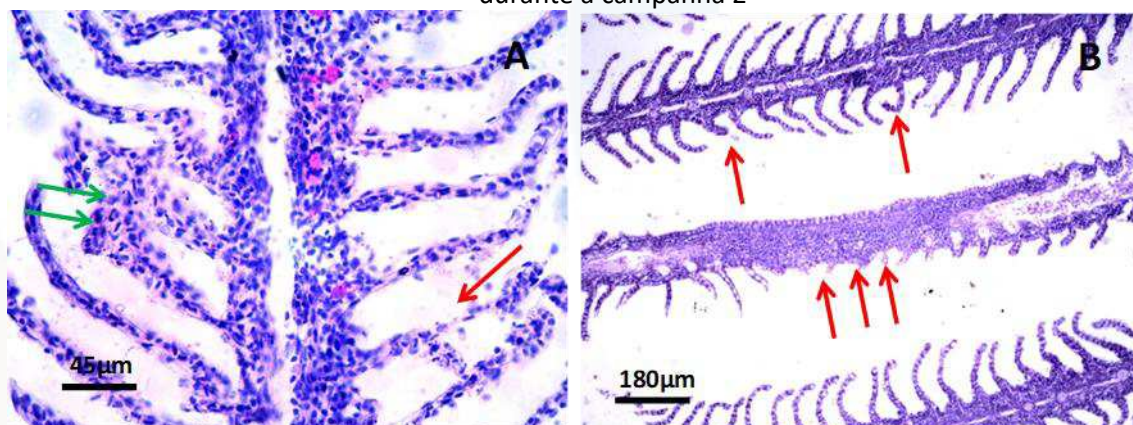
Coloração Hematoxilina-Eosina. Seta verde = hiperplasia, estrela preta = hipertrofia, estrela amarela = fusão parcial de lamelas, seta laranja = desestruturação do filamento branquial, seta amarela = atrofia. Fonte: LACTEC

Figura 38. Cortes histológicos de brânquias de espécies capturadas no ponto CP do compartimento 2 durante a campanha 1



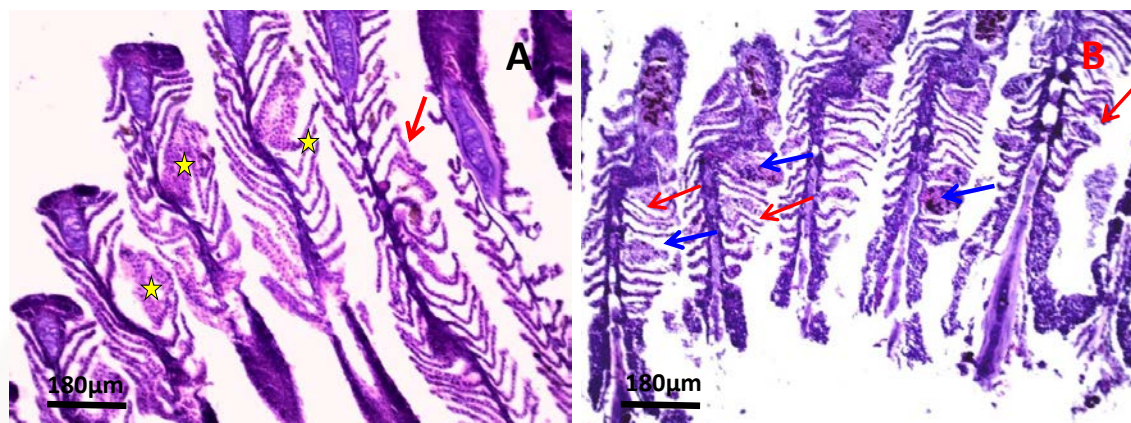
Coloração Hematoxilina-Eosina. Seta vermelha = desestruturação do filamento branquial, seta verde = fusão de lamelas, seta azul = aneurisma, estrela amarela = proliferação celular. Fonte: LACTEC

Figura 39. Cortes histológicos de brânquias de espécies capturadas no ponto CP do compartimento 2 durante a campanha 2



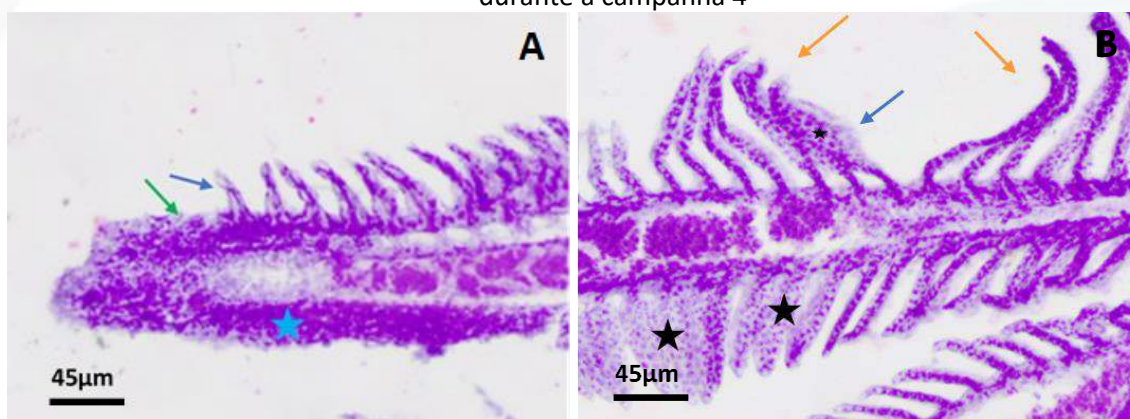
Coloração Hematoxilina-Eosina. Seta vermelha = desestruturação do filamento branquial; seta verde = fusão de lamelas. Fonte: LACTEC

Figura 40. Cortes histológicos de brânquias de espécies capturadas no ponto CP do compartimento 2 durante a campanha 3



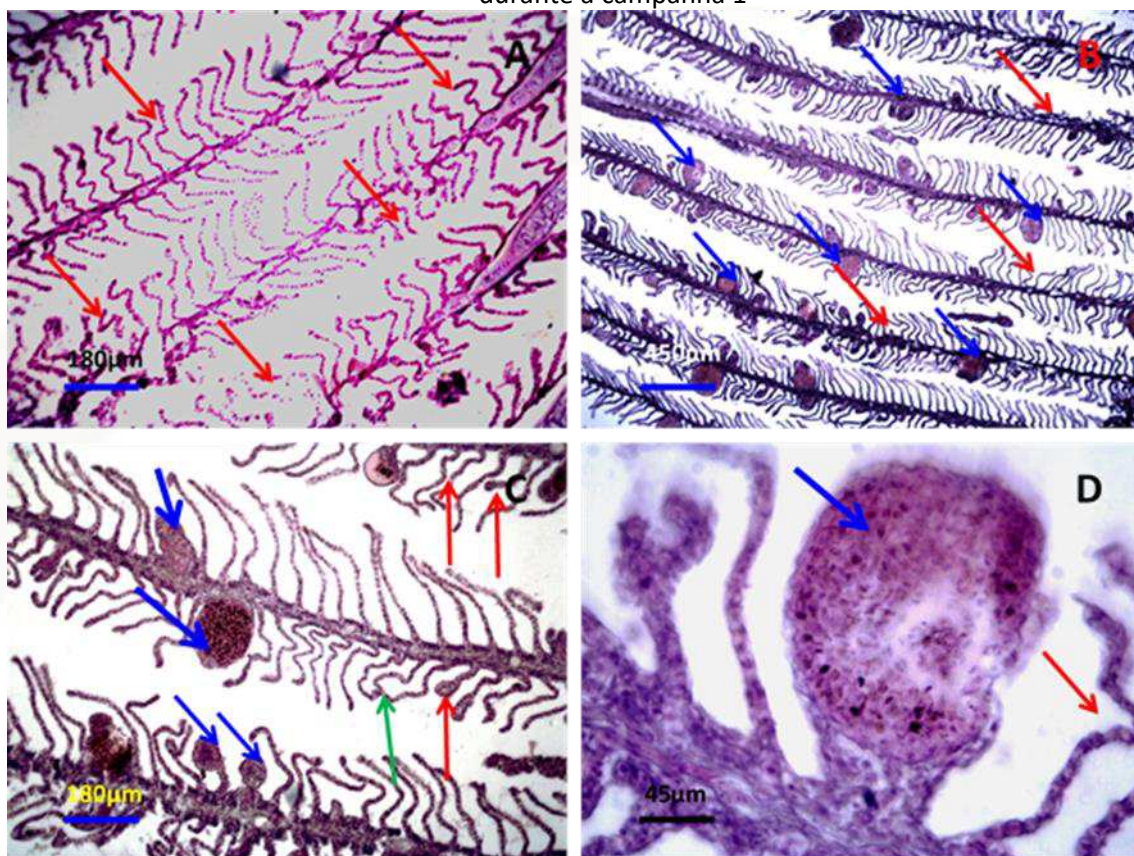
Coloração Hematoxilina-Eosina. Seta vermelha = desestruturação do filamento branquial, seta azul = aneurisma, estrela amarela = proliferação celular. Fonte: LACTEC

Figura 41. Cortes histológicos de brânquias de espécies capturadas no ponto CP do compartimento 2 durante a campanha 4



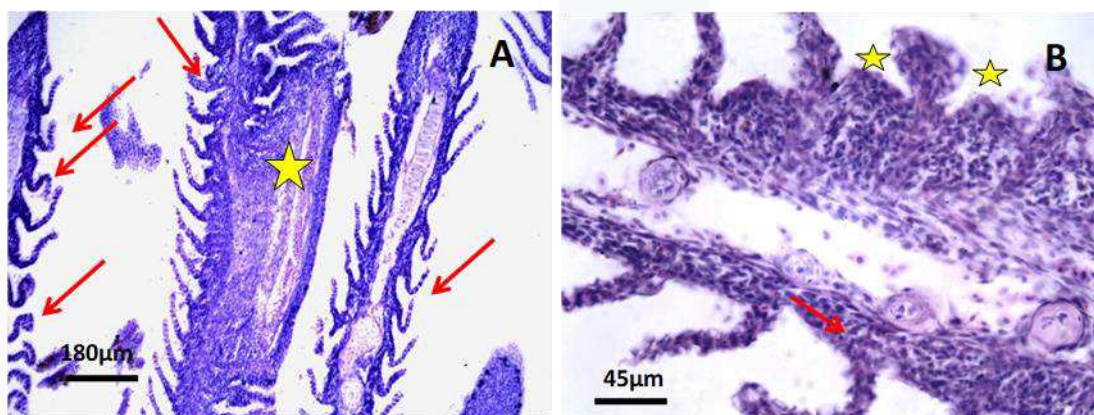
Coloração Hematoxilina-Eosina. Seta verde = hiperplasia, estrela azul = Fusão total das lamelas, estrela preta = hipertrofia, seta laranja = desestruturação do filamento branquial, seta azul = deslocamento de epitélio. Fonte: LACTEC

Figura 42. Cortes histológicos de brânquias de espécies capturadas no ponto DA do compartimento 2 durante a campanha 1



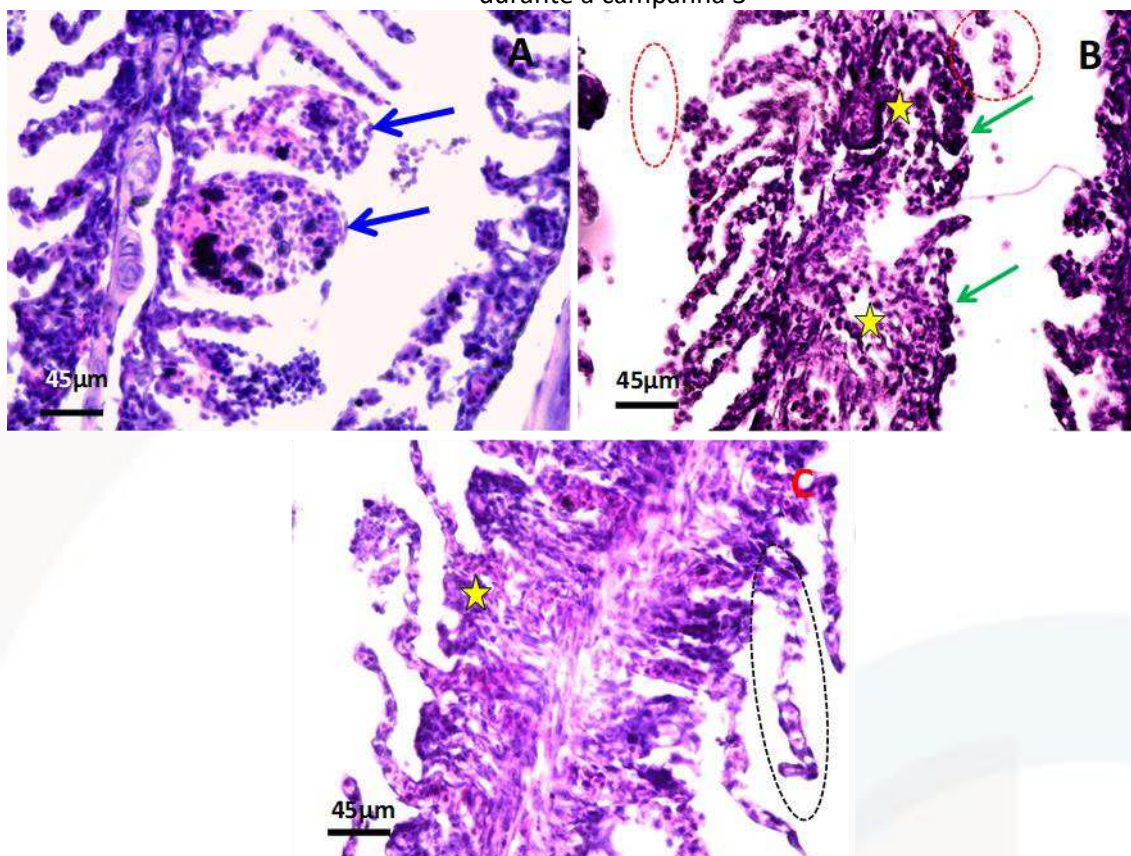
Coloração Hematoxilina-Eosina. Seta vermelha = desestruturação do filamento branquial, seta verde = fusão de lamelas, seta azul = aneurisma. Fonte: LACTEC

Figura 43. Cortes histológicos de brânquias de espécies capturadas no ponto DA do compartimento 2 durante a campanha 2



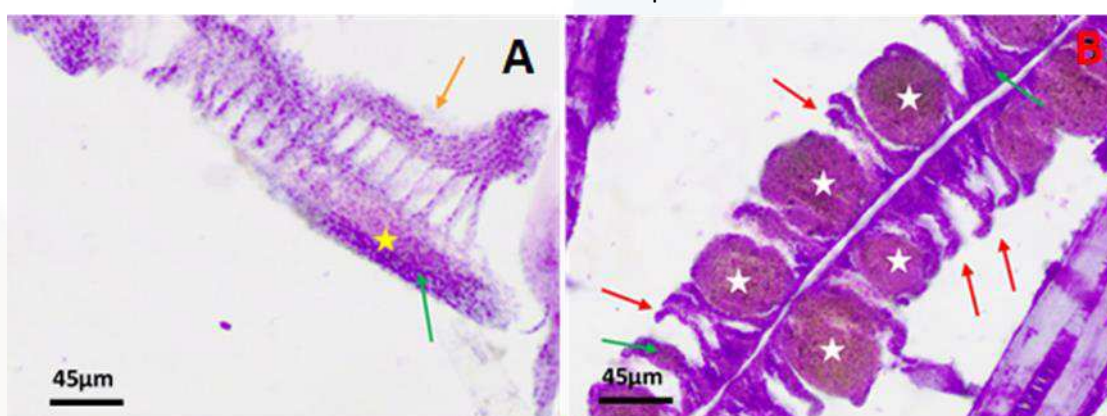
Coloração Hematoxilina-Eosina. Seta vermelha = desestruturação do filamento branquial, seta verde = fusão de lamelas e estrela amarela = proliferação celular. Fonte: LACTEC

Figura 44. Cortes histológicos de brânquias de espécies capturadas no ponto DA do compartimento 2 durante a campanha 3



Coloração Hematoxilina-Eosina. Seta verde = fusão de lamelas, seta azul = aneurisma, estrela amarela = proliferação celular, área circundada pela linha pontilhada preta = hipertrofia de células do epitélio branquial, área circundada pela linha pontilhada vermelha = extravasamento de células sanguíneas. Fonte: LACTEC

Figura 45. Cortes histológicos de brânquias de espécies capturadas no ponto DA do compartimento 2 durante a campanha 4



Coloração Hematoxilina-Eosina. Seta verde = hiperplasia, estrela amarela = fusão parcial de lamelas, seta vermelha = aneurisma leve, seta laranja = desestruturação do filamento branquial, estrela branca = aneurisma severo. Fonte: LACTEC

Tabela 33. Determinação dos valores médios do Índice de Bernet (IB) em cada ponto de cada uma das campanhas ao longo do período amostral

	Campanha 1	Campanha 2	Campanha 3	Campanha 4	Média IB
CN	41,7	27,9	30,0	37,1	34,16
CP	33,5	15,7	28,1	36,9	28,56
DA	36,1	23,7	31,2	37,7	32,17

A coloração das células indica o gradiente entre as médias do índice de Bernet (IB) determinadas para cada um dos pontos. A célula vermelha corresponde ao ponto com a presença de maiores danos no tecido branquial, a célula amarela o ponto com danos intermediários e a célula verde com os menores danos no tecido branquial. CN = controle negativo; CP = controle positivo e DA = dentro da APDL.

Tabela 34. Determinação dos valores médios do Índice de Bernet (IB) para as ordens mais representativas em cada ponto ao final do período amostral

		Campanha 1	Campanha 2	Campanha 3	Campanha 4	Média IB
CN	Characiformes	47,0	28,8	32,9	36,2	36,2
	Perciformes	46,2	30,3	27,5	-	34,7
	Siluriformes	39,0	24,8	22,3	37,1	30,8
CP	Characiformes	37,0	7,0	24,9	33,5	25,6
	Perciformes	38,0	16,3	26,0	34,8	28,8
	Siluriformes	-	16,7	32,2	39,3	29,4
DA	Characiformes	44,7	13,7	32,4	-	30,3
	Perciformes	-	-	-	36,1	36,1
	Siluriformes	36,9	27,5	30,4	39,2	33,5

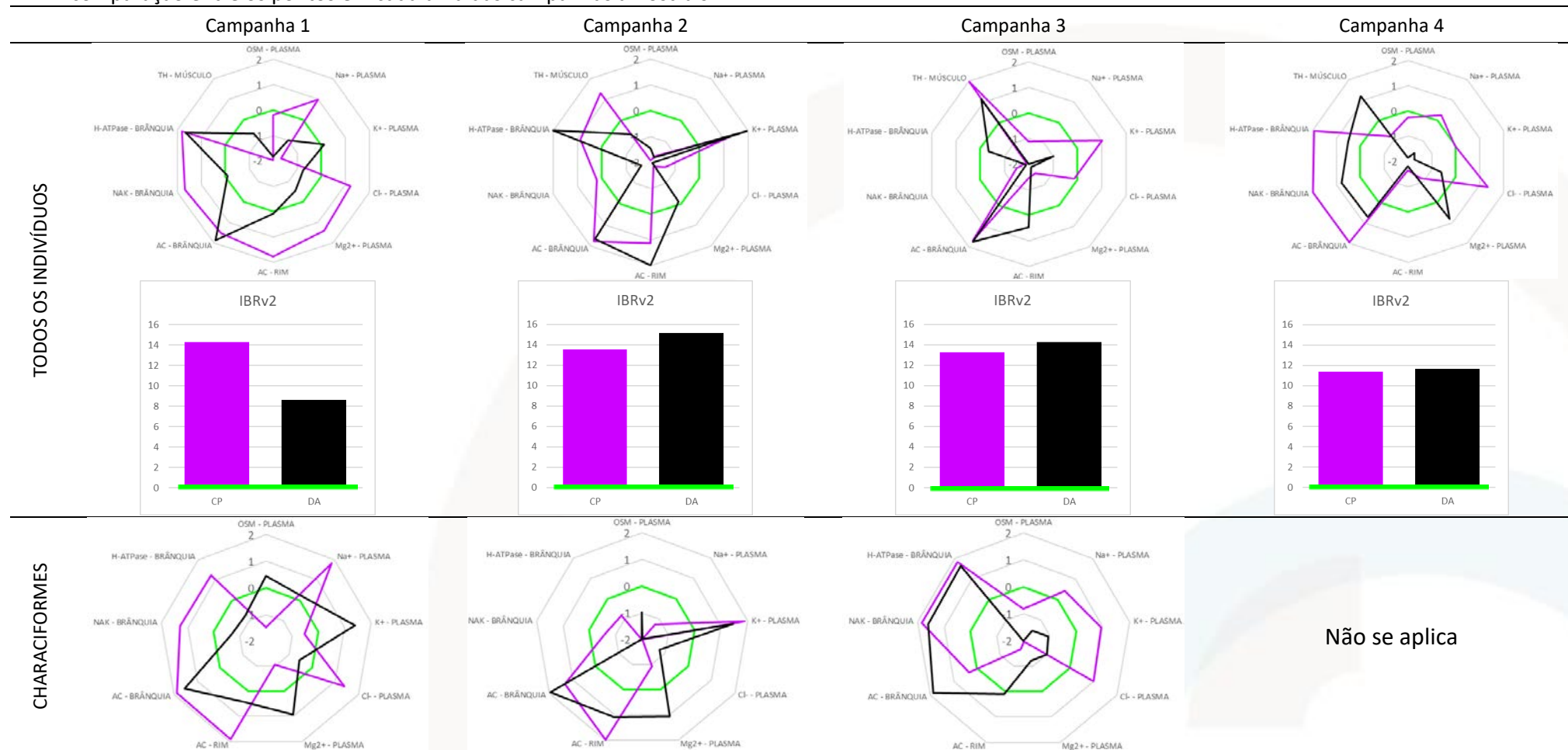
A coloração das células indica o gradiente entre os valores médios do IB para cada uma das ordens mais representativas em cada um dos pontos. As células vermelhas correspondem às ordens que apresentaram maiores danos no tecido branquial, as células amarelas as que apresentaram danos intermediários e, as células verdes as ordens que apresentaram os menores danos no tecido branquial. Traço corresponde a ordens não coletas em determinado ponto ou campanha. CN = controle negativo; CP = controle positivo e DA = dentro da APDL.

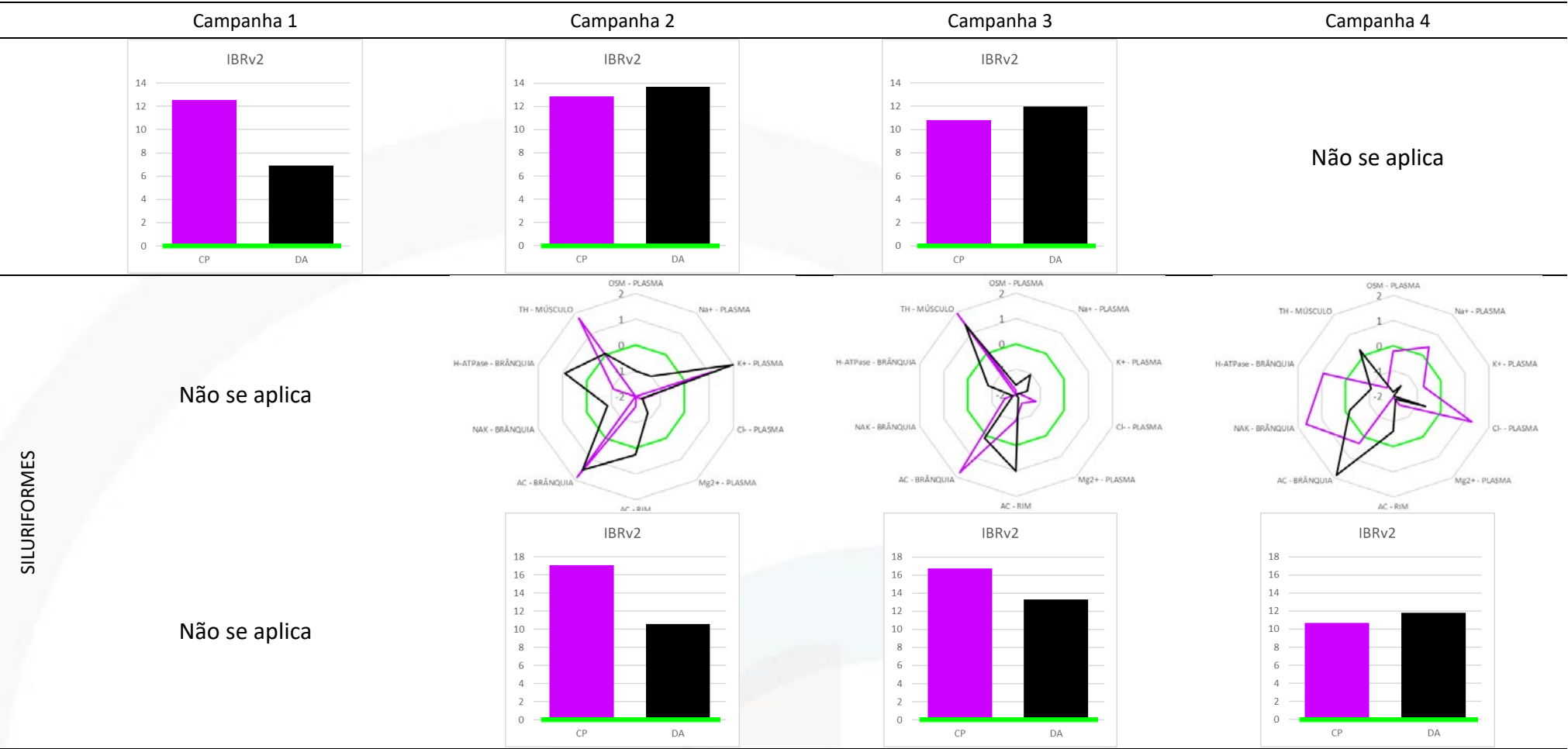
3.1.1.3.2. Biomarcadores fisiológicos – OSM, íons plasmáticos, TH, AC branquial e renal, Na^+/K^+ -ATPase e H^+ -ATPase

No compartimento 2, quando avaliados em conjunto todos os peixes coletados em cada um dos pontos amostrais, observou-se pela Tabela 35, que na 1ª campanha o ponto CP foi o que apresentou as maiores diferenças em relação ao ponto CN, ao passo que nas demais campanhas o ponto DA foi o que se apresentou mais afetado, embora com diferença menos expressiva em relação ao CP. Da mesma forma, quando avaliados apenas os peixes da ordem Characiformes, embora não tenha sido avaliada a 4ª campanha, o ponto CP apresentou maior IB_{Rv2}, enquanto na 2ª e na 3ª campanha o maior valor de IB_{Rv2} foi observado no ponto DA. Nos peixes da ordem siluriformes, avaliados apenas na 2ª, 3ª e 4ª campanhas, observou-se que apenas na 4ª campanha o ponto DA foi o que apresentou o maior valor de IB_{Rv2}. Nos agrupamentos de acordo com o hábito alimentar, avaliou-se os peixes de hábito alimentar ictiófago apenas na 2ª e 3ª campanhas, sendo a 2ª observado que o

ponto DA apresentou o maior IBRv2, enquanto na 3ª campanha isto ocorreu no ponto CP. Já para os peixes de hábito alimentar invertívoro bentônico o ponto DA apresentou o maior valor de IBRv2 apenas na 3ª campanha. Os peixes de hábito alimentar omnívoro, neste compartimento, foram avaliados apenas na 4ª campanha, na qual, embora com uma diferença pouco expressiva, o ponto DA foi o que apresentou as maiores alterações, o que pode ser observado pelo maior valor de IBRv2 neste ponto (Tabela 35).

Tabela 35. Índice integrado de Respostas dos Biomarcadores (IBRv2) Fisiológicos dos peixes dos pontos amostrais CN, CP e DA do compartimento 2, comparação entre os pontos em cada uma das campanhas amostrais.





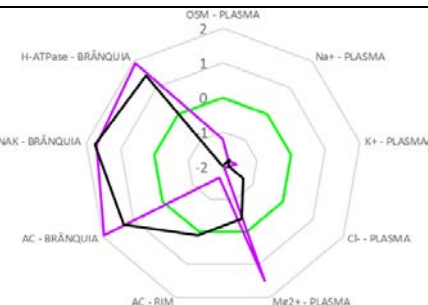
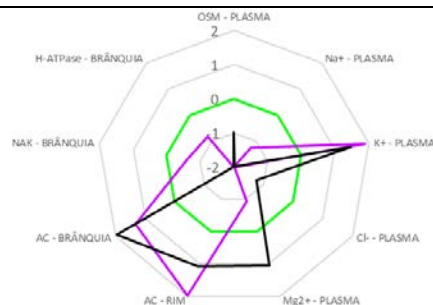
Campanha 1

Campanha 2

Campanha 3

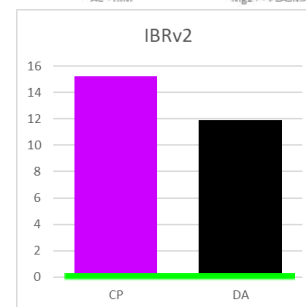
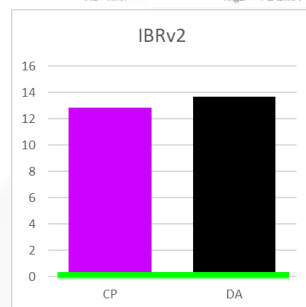
Campanha 4

Não se aplica



Não se aplica

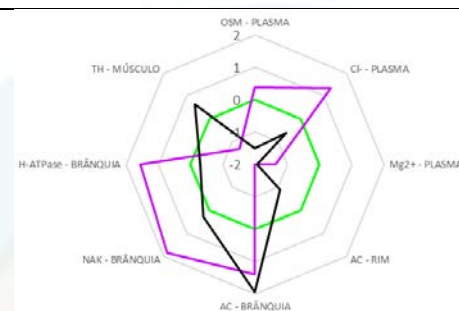
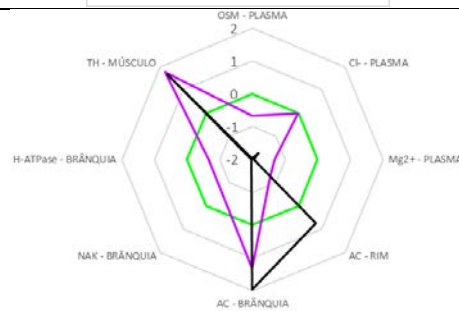
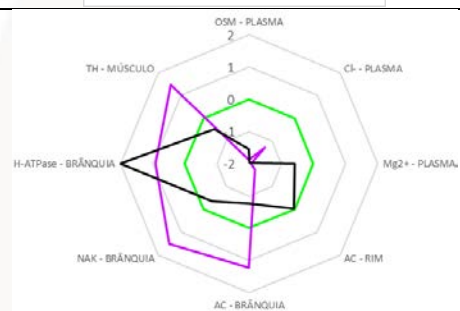
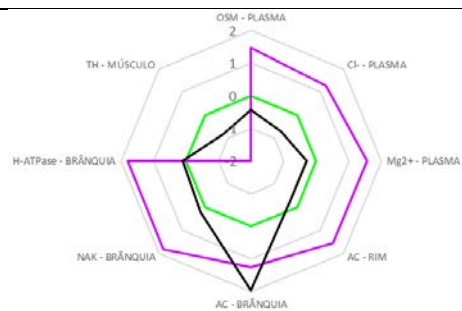
Não se aplica

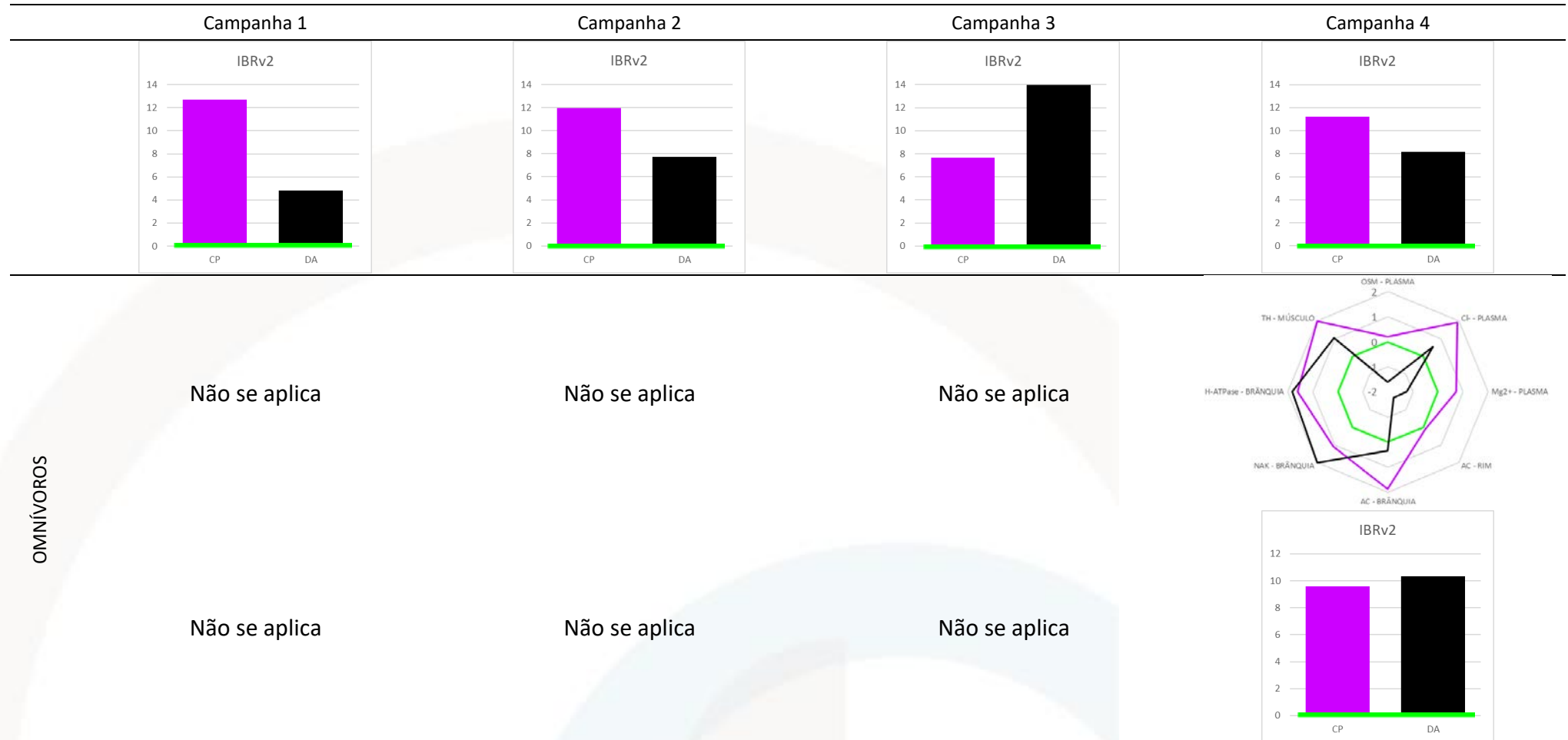


Não se aplica

ICTIÓFAGOS

INVERTÍVORTOS
BENTÔNICOS





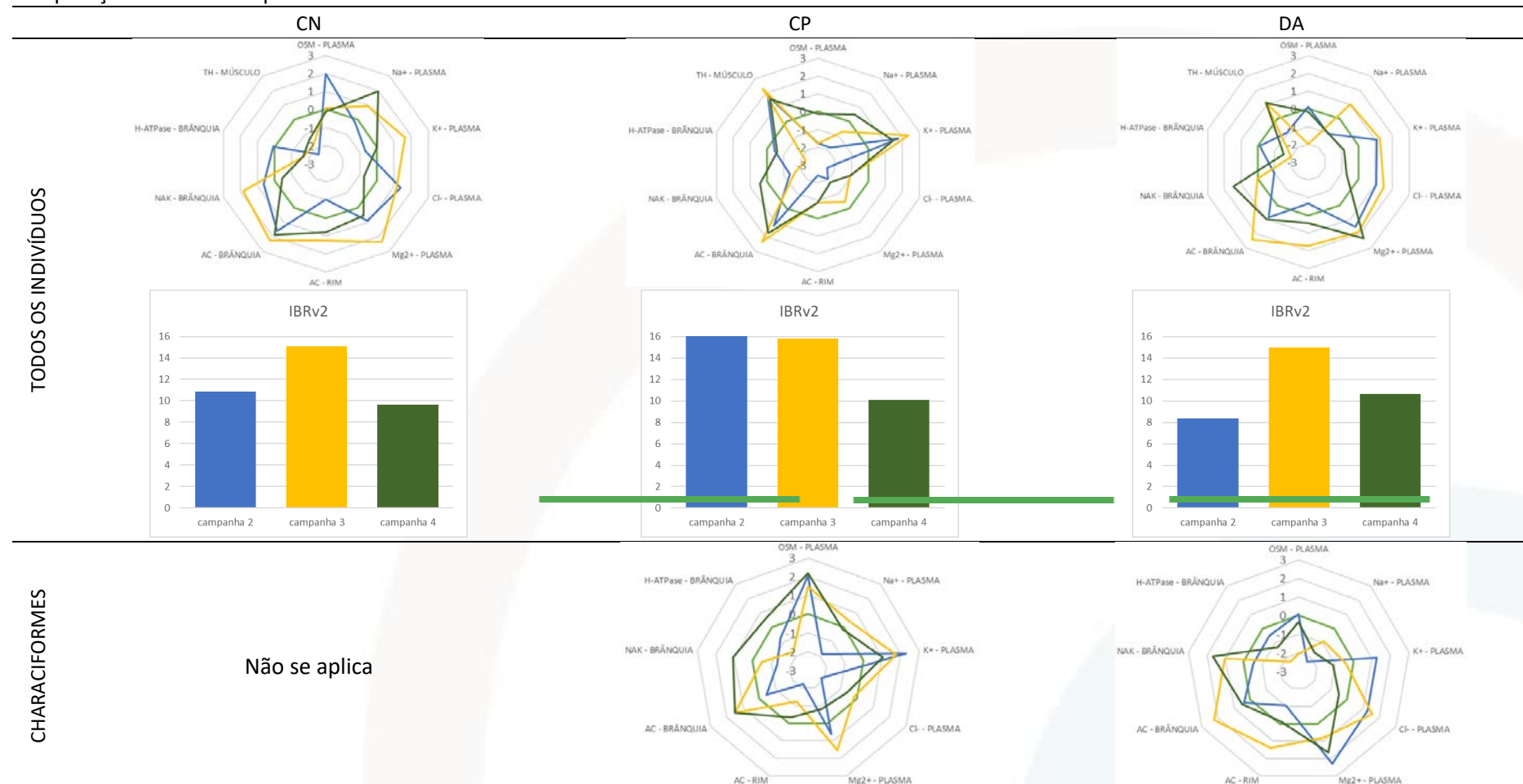
Não se aplica: indica que o IBRv2 não foi aplicado no agrupamento seja por ausência ou insuficiência de n amostral na campanha em questão.

Para cada agrupamento (todos os indivíduos, Characiformes, Siluriformes, ictiófagos, invertívoros bentônicos e omnívoros) 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.

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.

Na avaliação das diferenças entre as campanhas, em relação a cada um dos pontos amostrais, nota-se que, quando avaliados todos os peixes em conjunto, tanto no ponto CN, quanto no ponto DA, o maior valor de IBRv2 ocorreu na 3ª campanha, enquanto para o ponto CP tanto a 2ª quanto a 3ª campanha apresentaram elevados valores de IBRv2, sendo este mesmo padrão observado também para o agrupamento dos peixes de hábito alimentar invertívoro bentônico. Em relação aos peixes da ordem Characiformes, não foi possível avaliar o ponto CN, no entanto, no ponto CP observou-se o maior valor de IBRv2 na 2ª campanha, com diminuição ao longo das campanhas subsequentes, já no ponto DA, o maior IBRv2, para os peixes desta ordem, foram observados na campanha 3. Nos peixes da ordem Siluriformes, apenas os pontos CN e DA foram avaliados entre as campanhas, sendo em ambos observado os maiores valores de IBRv2 na 3ª campanha. Em relação ao hábito alimentar, os peixes ictiófagos foram apenas avaliados no ponto DA, sendo o maior valor de IBRv2 observado na 3ª campanha (Tabela 36).

Tabela 36. Índice integrado de Respostas dos Biomarcadores (IBRv2) Fisiológicos dos peixes dos pontos amostrais CN, CP e DA do compartimento 2, comparação entre as campanhas.





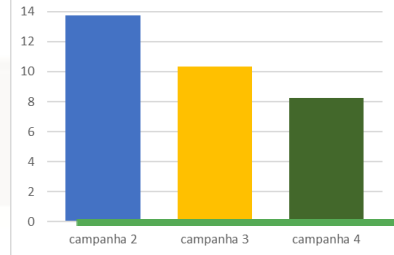
CN

CP

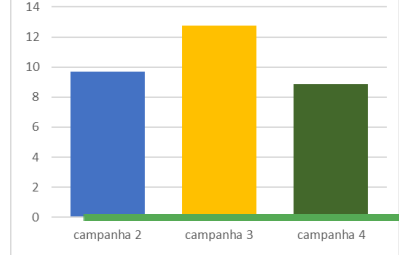
DA

Não se aplica

IBRv2

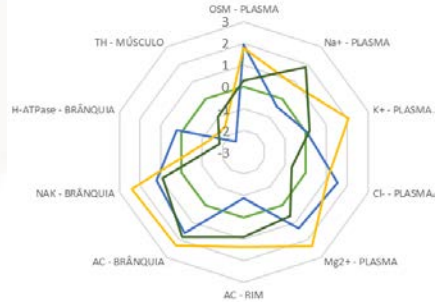


IBRv2

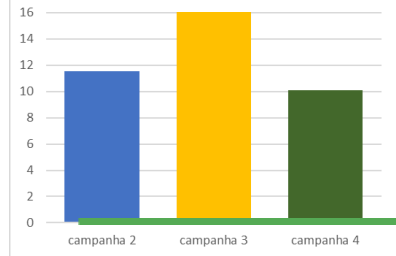


SILURIFORMES

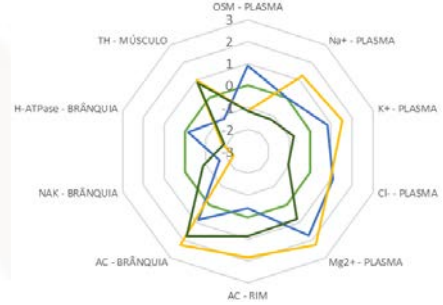
Não se aplica



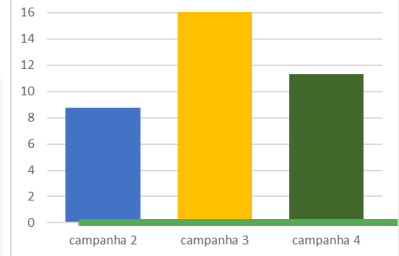
IBRv2



Não se aplica



IBRv2



CN

CP

DA

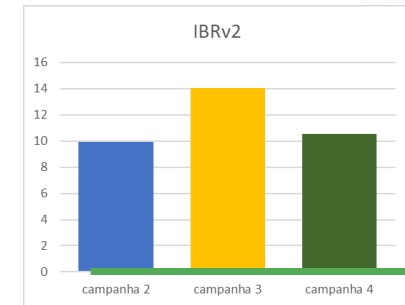
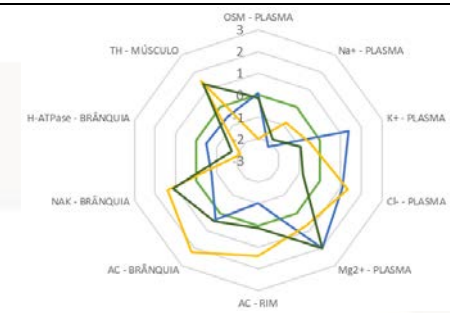
Não se aplica

Não se aplica

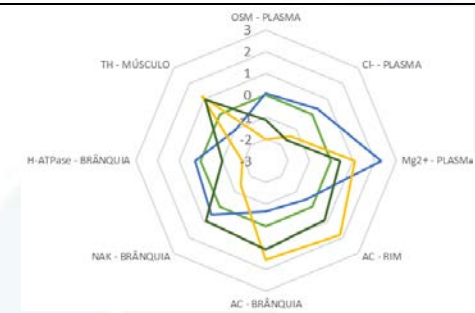
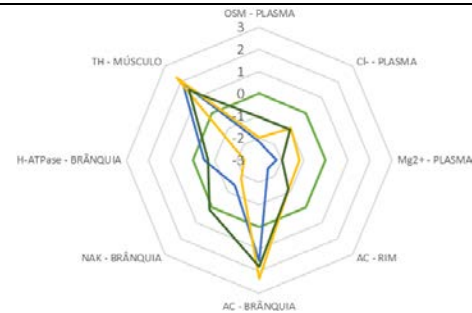
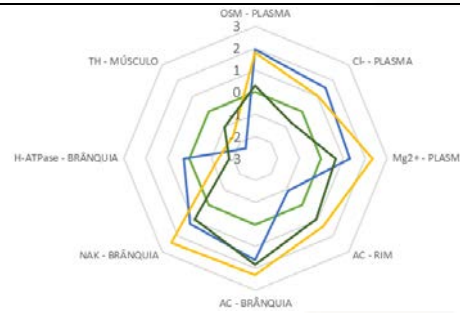
ICTIÓFAGOS

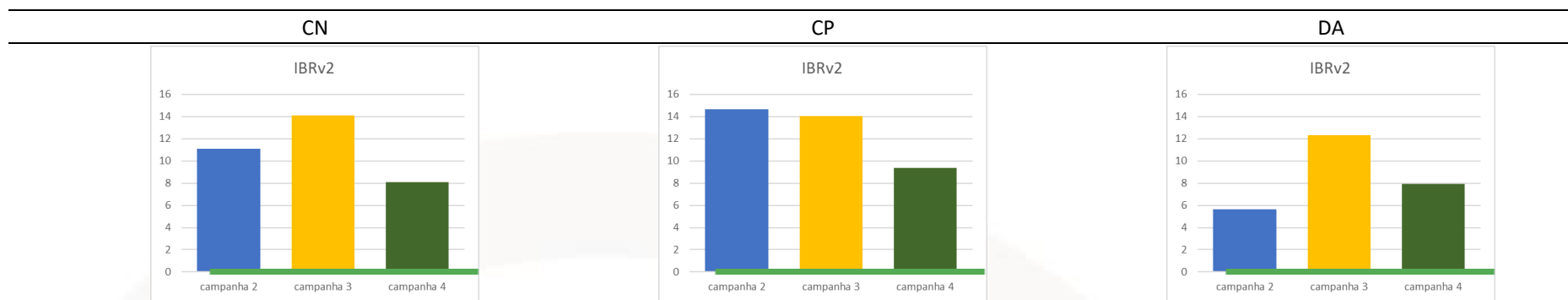
Não se aplica

Não se aplica



INVERTÍVOROS
DENTÁNICOS





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; Mg^{2+} - PLASMA: concentração do íon Mg^{2+} 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.

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

Ao integrar os biomarcadores de metabolismo, como observado na Tabela 37, no compartimento 2, quando avaliados em conjunto todos os peixes de cada ponto, que na 1ª e 2ª campanhas os peixes do ponto DA apresentaram maior valor de IBRv2 do que o ponto CP, ao passo que na 3ª campanha tanto CP quanto DA apresentaram elevados valores de IBRv2, porém, similares entre si, e por fim, na 4ª campanha houve uma inversão, sendo os peixes do ponto CP os que apresentaram o maior valor de IBRv2. Assim, na 1ª campanha o maior IBRv2 observado no ponto DA reflete uma expressiva diminuição nos níveis de glicogênio muscular, bem como da glicose plasmática, indicando que estes peixes estão com elevado gasto energético, ao passo que na 2ª campanha foi observado o inverso, estando tanto o glicogênio muscular quanto a glicose plasmática aumentados, já na 3ª campanha, tanto CP quanto DA apresentaram IBRv2 semelhantes em decorrência da redução dos níveis plasmáticos de lactato e glicose, associados ao aumento do glicogênio muscular, indicando que nesta campanha, os peixes destes pontos estão repondo os estoques energéticos, por fim, na 4ª campanha, embora o IBRv2 de CP tenha sido maior que o de DA, nos peixes de DA pode ser observado o aumento do lactato plasmático, em associação com a diminuição do glicogênio muscular e da glicose plasmática, sendo este padrão de resposta associado à ativação da via anaeróbica do metabolismo energético, normalmente em decorrência de hipóxia.

Ao avaliar separadamente os peixes da ordem Characiformes, na 1ª campanha o ponto CP apresentou IBRv2 superior ao ponto DA, embora os peixes do ponto DA tenham apresentado redução especialmente nos níveis de glicogênio muscular e aumento nos níveis de lactato plasmático. No entanto, na 2ª e na 3ª campanha ocorreu o inverso, sendo o IBRv2 do ponto DA maior que o IBRv2 do ponto CP, com maior expressividade da diferença entre CP e DA sendo observada na 2ª campanha, porém, apesar dos peixes Characiformes do ponto DA terem apresentado as maiores alteração tanto na 2ª, quanto na 3ª campanha, fica evidente que o metabolismo energético destes animais está sendo afetado de maneiras diferentes nestes dois momentos, uma vez que na 2ª campanha há um aumento dos três biomarcadores avaliados, enquanto na 3ª campanha este sistema parece estar em altíssima demanda, uma vez que há uma expressiva redução nas concentrações destes biomarcadores (glicogênio muscular, lactato e glicose plasmáticos). Na 4ª campanha não foi possível avaliar os peixes da ordem Characiformes em todos os pontos amostrais. O agrupamento dos peixes de hábito alimentar ictiófago, não avaliados na 1ª e na 4ª campanha, apresentaram na 2ª e na 3ª campanha respostas semelhantes às respostas observada no agrupamento dos Characiformes, com aumento dos três biomarcadores na 2ª campanha, e diminuição na 3ª. Sabendo que o equilíbrio energético é mantido por meio do balanço entre a glicogênese e a glicogenólise, sendo estas as vias associadas à

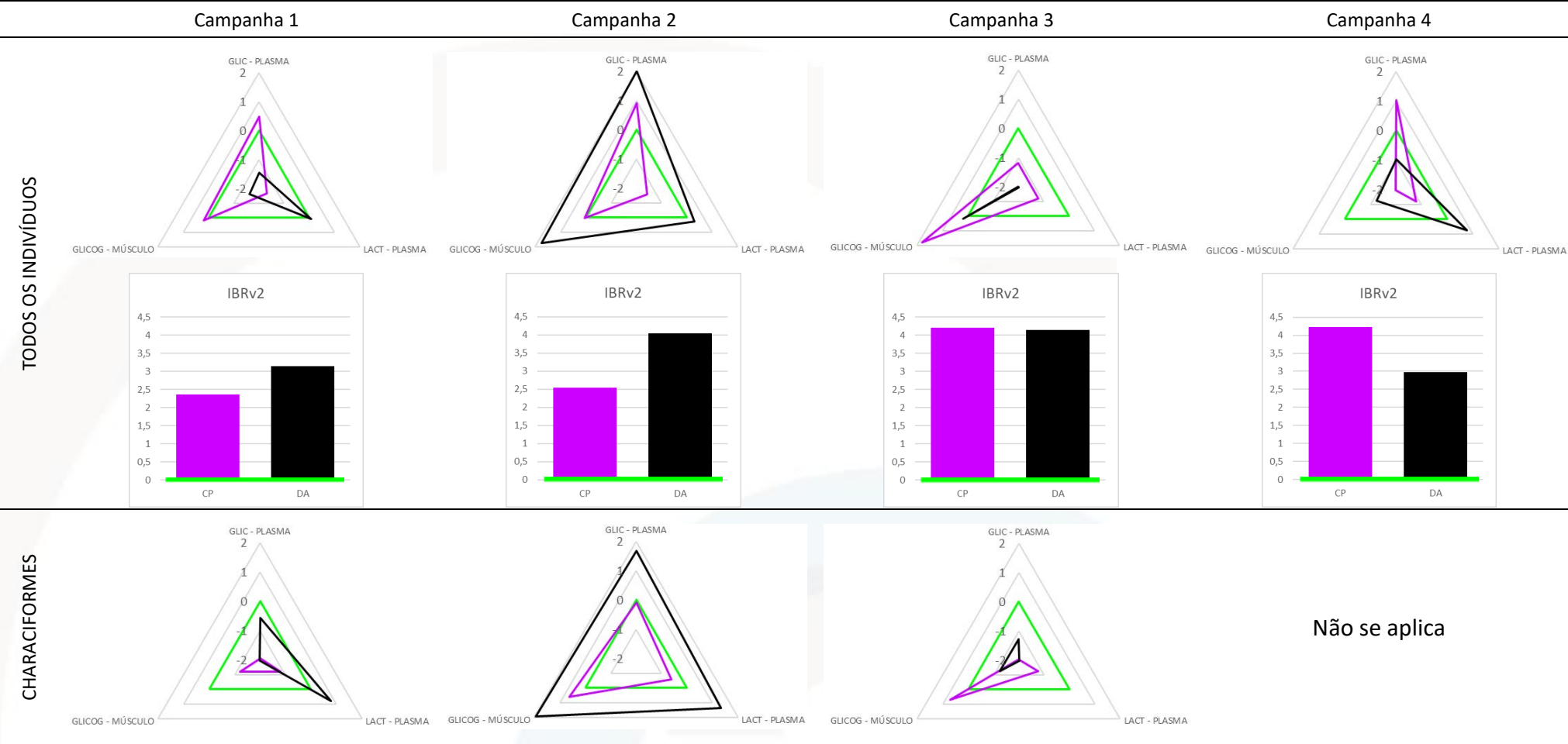
síntese e degradação do glicogênio, respectivamente (Guo et al., 2020) e que o aumento das concentrações de glicose e lactato plasmáticos, bem como a diminuição dos níveis de glicogênio são alguns dos efeitos tóxicos promovidos por contaminantes, como os EPTs, devido à demanda energética para a manutenção dos mecanismos celulares de reparo e desintoxicação (Ting et al., 2013), podemos notar que embora a glicose e o lactato esteja aumentados nestes agrupamentos na 2ª campanha, no ponto DA, a associação deste aumento com o aumento também dos níveis de glicogênio muscular indicam que os contaminantes presentes no meio possivelmente estão afetando as diferentes vias metabólicas associadas ao metabolismo energético, como a glicogenólise, a glicólise e a gliconeogênese de maneira diferente da comumente associada à exposição a contaminantes que promovem o aumento da demanda energética para a manutenção das respostas fisiológicas. Ao passo que a redução expressiva nas concentrações de glicose e lactato, observada nos peixes Characiformes e nos ictiófagos do ponto DA na 3ª campanha podem estar associadas a um aumento de temperatura e/ou a hipóxia, como foi observado em peixes expostos ao cobre, indicando que a exposição pode ter promovido a diminuição dos substratos necessários para as vias de reposição de glicose, a diminuição da via de conversão do lactato, por inibição da enzima lactato desidrogenase ou ainda, o aumento da depuração de lactato (Sappal et al., 2015).

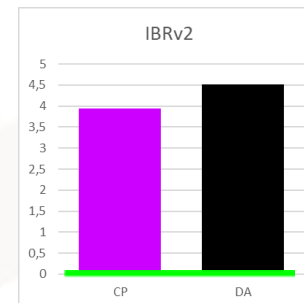
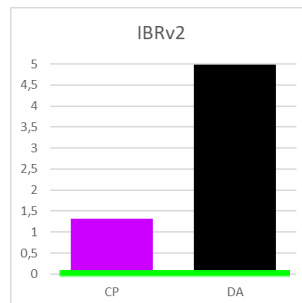
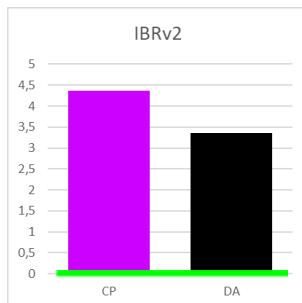
Para os peixes da ordem Siluriformes, não avaliados em todos os pontos na 1ª campanha, observou-se, na 2ª campanha o maior valor de IBRv2 no ponto CP, já na 3ª campanha ocorreu o inverso, e o maior valor de IBRv2 foi observado no ponto DA, por fim, na 4ª campanha os pontos CP e DA apresentaram valores similares de IBRv2. Em relação às respostas no ponto DA nota-se que na 2ª campanha houve aumento nos níveis de glicose plasmática, associado à diminuição do lactato plasmático e do glicogênio muscular, indicando a mobilização da reserva energética por meio da via aeróbica, ao passo que na 3ª e na 4ª campanha, o glicogênio apresentou aumento, associado à diminuição dos níveis de lactato e/ou de glicose plasmáticos, sendo este padrão associado a uma menor demanda energética, com consequente reposição dos estoques de energia na forma de glicogênio.

Em relação aos peixes de hábito alimentar invertívoro bentônico, na 1ª e na 2ª campanha o ponto CP foi o que apresentou o maior valor de IBRv2, sendo na 2ª campanha a diferença em relação ao IBRv2 do ponto DA menos expressiva do que a observada na 1ª campanha, já na 3ª campanha o ponto DA foi o que apresentou o maior valor de IBRv2, enquanto na 4ª campanha embora o ponto DA também tenha apresentado maior valor de IBRv2, a diferença em relação ao valor de IBRv2 do ponto CP foi pouco expressiva. Por fim, quando avaliados os peixes de hábito alimentar omnívoro, o IBRv2 pode apenas ser avaliado na 4ª campanha, e neste caso, embora tanto CP quanto DA tenham apresentado expressiva redução em todos os biomarcadores de metabolismo energético, o ponto CP foi o que apresentou o maior valor de IBRv2, sendo estes resultados possivelmente associados também

à diminuição drástica dos substratos das vias de metabolismo energético, ou pela inibição de enzimas destas vias (Sappal et al., 2015).

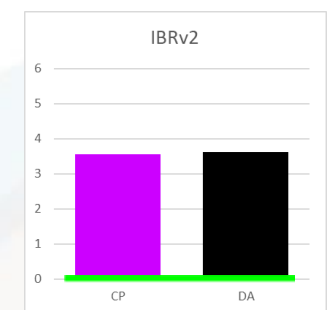
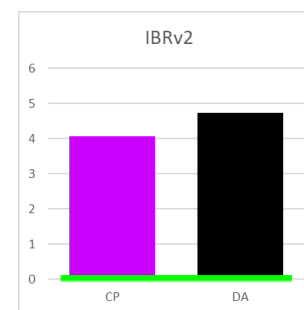
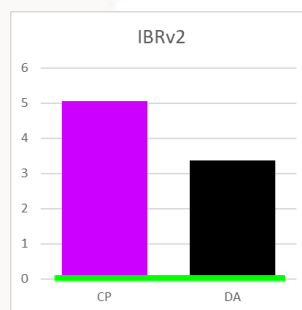
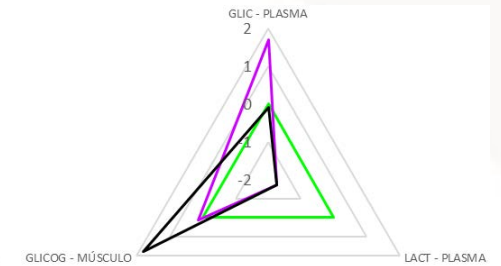
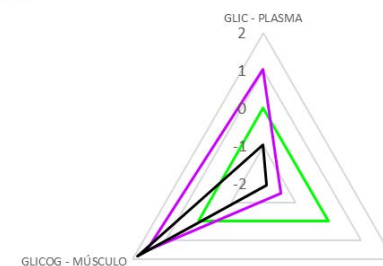
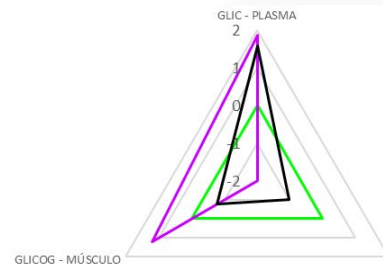
Tabela 37. Índice integrado de Respostas dos Biomarcadores (IBRv2) relacionados ao metabolismo energético dos peixes dos pontos amostrais CN, CP e DA do compartimento 2, comparação entre os pontos em cada uma das campanhas amostrais.





Não se aplica

Não se aplica



Não se aplica

SILURIFORMES

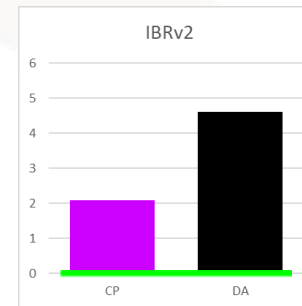
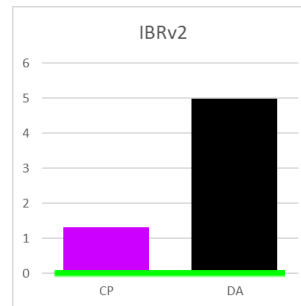
ICTIÓFAGOS

Não se aplica



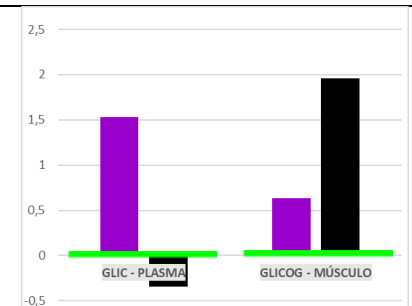
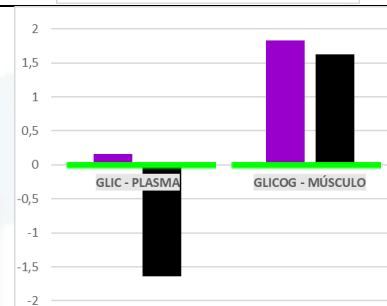
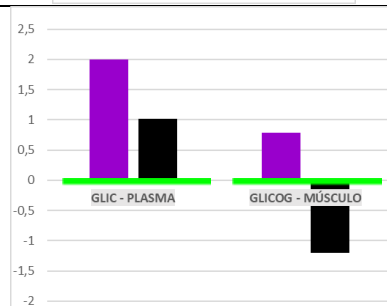
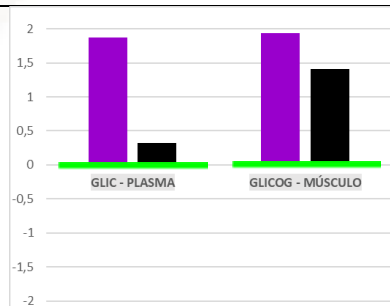
Não se aplica

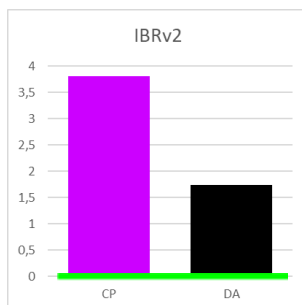
Não se aplica



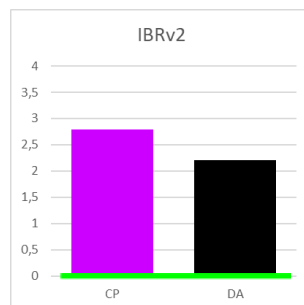
Não se aplica

INVERTÍVOROS
BENTÔNICOS

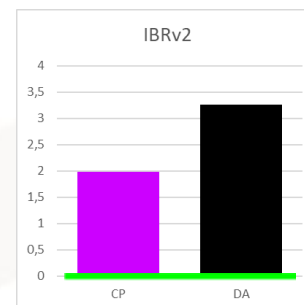




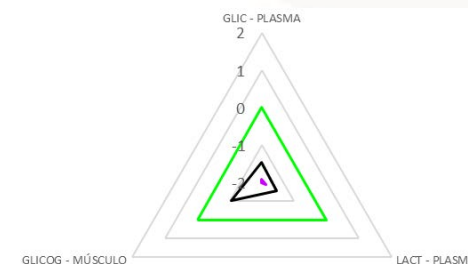
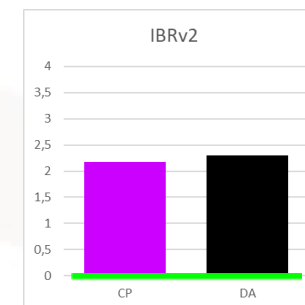
Não se aplica



Não se aplica



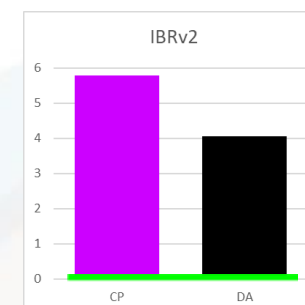
Não se aplica



Não se aplica

Não se aplica

Não se aplica



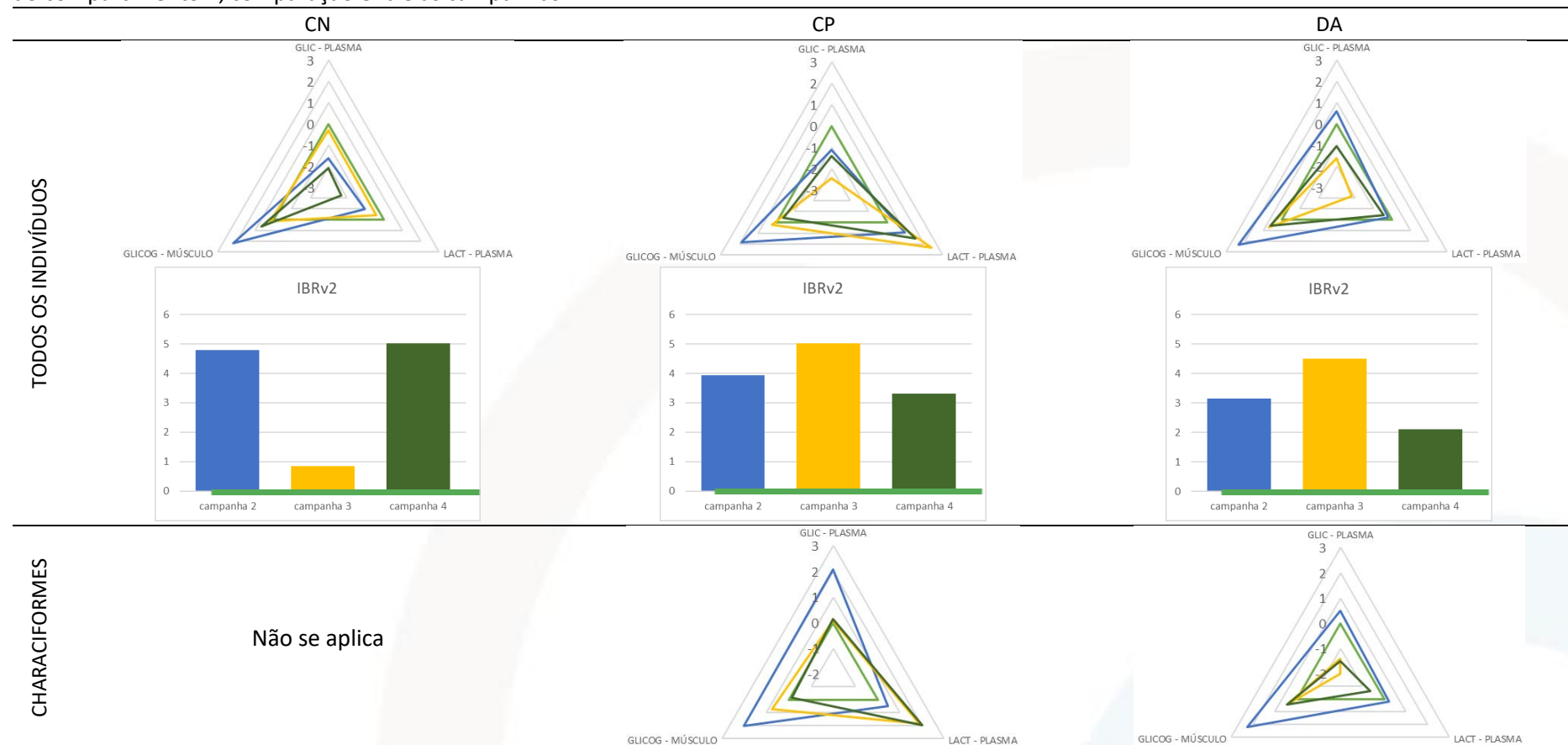
Não se aplica: indica que o IBRv2 não foi aplicado no agrupamento seja por ausência ou insuficiência de **n** amostral na campanha em questão.

Para cada agrupamento (todos os indivíduos, Characiformes, Siluriformes, ictiófagos, invertívoros bentônicos e o omnívoros) 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.

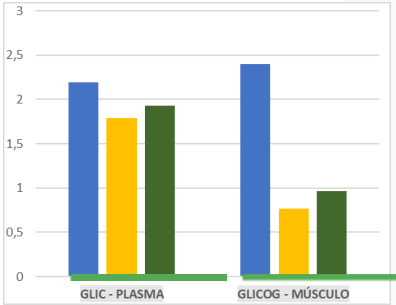
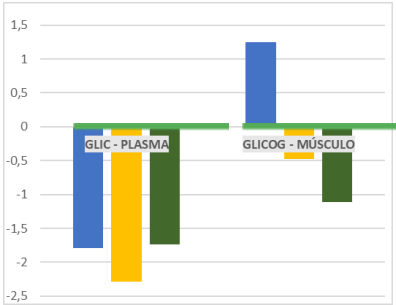
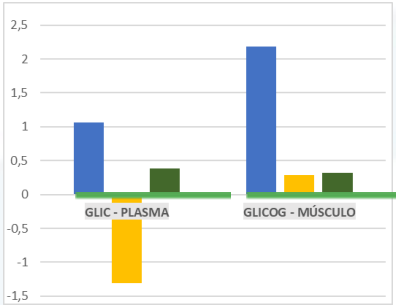
GLIC - PLASMA: concentração de glicose plasmática; GLICOG - MÚSCULO: concentração de glicogênio muscular; LACT - PLASMA: concentração de lactato plasmático.

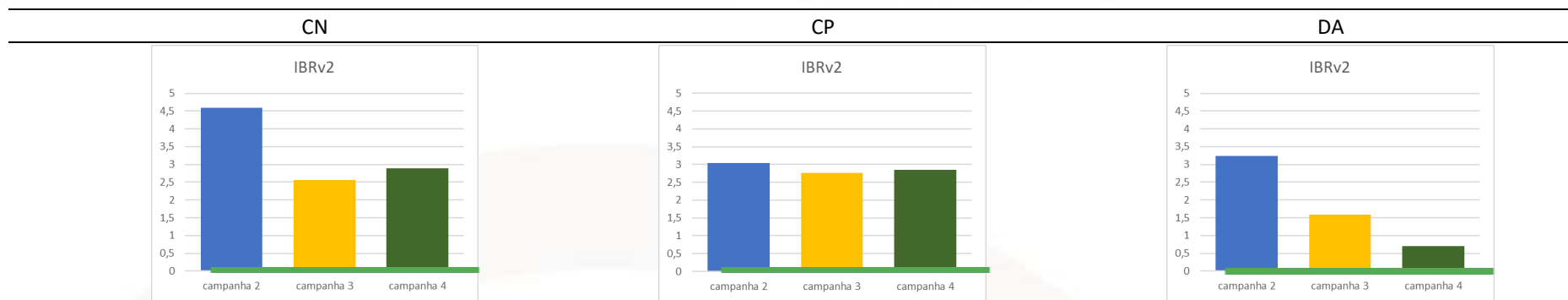
Ao avaliar cada um dos pontos separadamente (Tabela 38), nota-se que no ponto CN, quando considerados todos os peixes capturados, a 2ª e a 4ª campanhas apresentaram elevados valores de IBRv2, semelhantes entre si, ao passo que a campanha 3 apresentou reduzido valor de IBRv2, indicando que nesta campanha os resultados obtidos nos biomarcadores foram bastante similares aos resultados observados na 1ª campanha. No ponto CP, assim como ponto DA, a 3ª campanha foi a que apresentou o maior valor de IBRv2, seguido pela 2 e pela 4ª campanha respectivamente. Agrupando os peixes da ordem Characiformes, o IBRv2 não pode ser avaliado para os indivíduos do ponto CN, no entanto, no ponto CP a 2ª campanha foi a que apresentou o maior valor de IBRv2, seguida das campanhas 3 e 4, por outro lado, no ponto DA, o maior valor de IBRv2 foi observado na 3ª campanha, seguido da 2ª e da 4ª. Para os Siluriformes o IBRv2 não pode ser avaliado no ponto CP, assim, no ponto CN observou-se que o maior IBRv2 ocorreu na 2ª campanha, seguido da 4ª e da 3ª campanha, respectivamente, já no ponto DA o maior IBRv2 aconteceu também na 2ª campanha, com queda crescente no valor do índice na 3ª e na 4ª campanha, respectivamente. No agrupamento dos peixes com hábito alimentar invertívoro bentônico o ponto CP foi o que apresentou menores variações de IBRv2 entre as campanhas 2, 3 e 4, o ponto CN por sua vez apresentou o maior valor de IBRv2 na campanha 2, seguido pela campanha 4 e pela campanha 3, respectivamente, enquanto o ponto DA, assim como o ponto CN também apresentou o maior valor de IBRv2 na campanha 2, embora menor do que o observado no ponto CN para a mesma campanha, seguido de uma expressiva queda nos valores de IBRv2 encontrados nas campanhas subsequentes.

Tabela 38. Índice integrado de Respostas dos Biomarcadores (IBRv2) relacionados ao metabolismo energético dos peixes dos pontos amostrais CN, CP e DA do compartimento 2, comparação entre as campanhas.





	CN	CP	DA
OMNÍVOROS	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
INVERTÍVOROS DENTÍNICOS			



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.

3.1.1.3.4. 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 2, 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.

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

Ao avaliar todos os indivíduos do compartimento 2, observa-se pela Tabela 39, que apenas na 3ª campanha o ponto DA apresentou valor de IBRv2 elevado em relação do IBRv2 do ponto CP. No entanto, nota-se que no ponto CP as respostas dos peixes apresentam um certo padrão em todas as campanhas, com aumento das atividades da GPx, GST e GR, exceto na 3ª campanha em que não houve aumento da GPx e a GR esteve com sua atividade diminuída, ao passo que no ponto DA todas as enzimas avaliadas na integração sofreram alterações em diferentes magnitudes em cada uma das campanhas, demonstrando menor consistência nas características ambientais do meio em que estes peixes se encontram, sejam elas físicas ou químicas, como turbidez, oxigênio dissolvido ou a presença e disponibilidade dos EPTs.

Ao agruparmos os peixes de acordo com sua ordem observa-se que os Characiformes, os quais não foram avaliados em todos os pontos na 4ª campanha, apresentaram maior valor de IBRv2 no ponto DA tanto na 2ª, quanto na 3ª campanha, ao passo que na 1ª o ponto DA esteve menor, porém próximo ao valor de IBRv2 do ponto CP. Embora com IBRv2 semelhantes, na 1ª campanha o ponto CP apresentou expressivo aumento da atividade da enzima GRE, com pouca alteração na atividade da GST, ao passo que no ponto DA foi observado o inverso, com aumento expressivo da GST e pouca alteração na atividade da GR. Assim, pode-se inferir que em CP está havendo grande demanda pela reposição de GSH por meio da atividade da GR, ao passo que em DA o sistema de biotransformação está mais ativado no tecido branquial. Na 2ª campanha, por sua vez, embora DA tenha apresentado maior IBRv2, as mesmas alterações foram observadas tanto em CP, quanto em DA, sendo estas o aumento da atividade da GST e da GR, sendo este aumento mais expressivo no ponto DA, indicando que além da ativação do sistema de biotransformação, previamente observado na 1ª campanha, no ponto DA, na 2ª campanha, também houve aumento da demanda de reposição de GSH. Por fim, na 3ª campanha, e última na qual os Characiformes foram avaliados individualmente, ainda é visível o expressivo aumento na atividade da GR, no entanto a GST teve sua atividade reduzida de maneira

substancial, o que pode ter ocorrido seja pela ação direta dos EPTs em sua atividade enzimática, ou pela ausência de GSH, uma vez que esta molécula é conjugada aos metabólitos tóxicos pela GST.

Já os peixes Siluriformes, os quais não foram avaliados em todos os pontos na 1ª campanha, apresentaram maior valor de IBRv2 no ponto DA apenas na 4ª campanha. De maneira similar ao observado para os Characiformes, na 2ª campanha, os Siluriformes de CP e DA apresentaram alterações similares nas enzimas avaliadas na integração dos biomarcadores, com aumento da atividade das enzimas GST e GR e diminuição da atividade das enzimas SOD e CAT, embora em CP estas alterações tenham sido mais expressivas. Já na 3ª campanha DA apresentou pouca alteração nas atividades enzimáticas em relação ao observado em CN, e na 4ª campanha, embora novamente com alterações similares em CP e DA, DA apresentou expressivo aumento na atividade das enzimas SOD e GST, associado a uma também expressiva diminuição da atividade da CAT e da GR. Vale ressaltar que a SOD é a enzima responsável pela degradação do ânion superóxido, uma ERO, evitando assim que ele reaja com outras moléculas biológicas promovendo dano oxidativo, no entanto, o produto da degradação do ânion superóxido é o H₂O₂, que também é uma ERO, a qual é degradada pela atividade da CAT e da GPX, assim, com o aumento da atividade da SOD e a diminuição da atividade da CAT, pode-se inferir que o dano oxidativo possa estar ocorrendo de maneira substancial no tecido branquial dos peixes Siluriformes do ponto DA, na 4ª campanha.

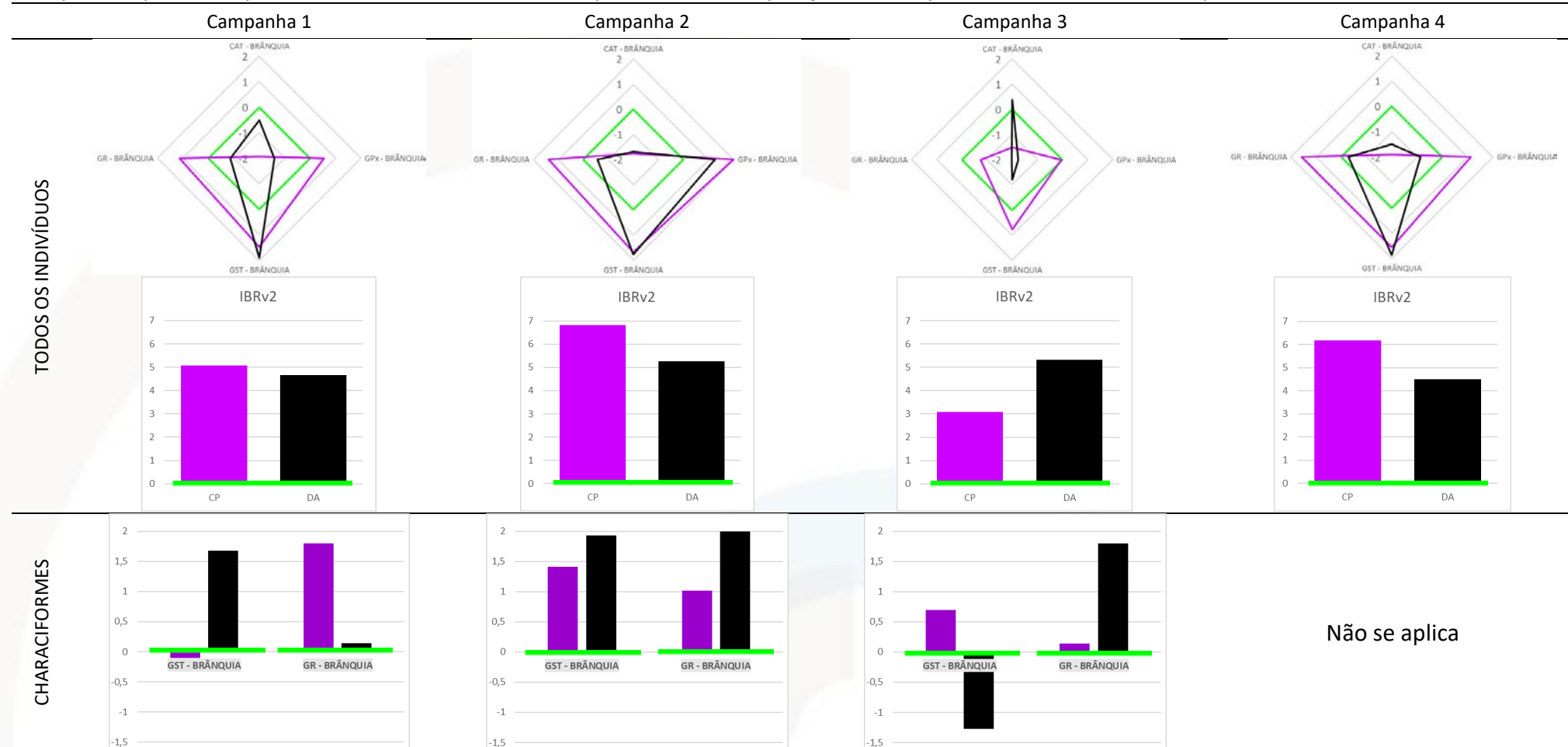
Em relação aos agrupamentos de acordo com o hábito alimentar, os peixes ictiófagos do compartimento 2 foram avaliados em todos os pontos apenas nas campanhas 2 e 3, sendo na 2 observado o maior valor de IBRv2 no ponto CP e na 3 no ponto DA. Na 2ª campanha CP apresentou aumento na atividade das três enzimas avaliadas na integração (SOD, GST e GR), ao passo que no ponto DA apenas a atividade da GR e da GST estiveram aumentadas, inclusive mais do que no ponto CP, enquanto a SOD apresentou uma pequena redução em sua atividade em relação à observada em CN. De maneira geral, o aumento da GR em conjunto com o aumento da GST no tecido branquial dos peixes ictiófagos de CP e DA podem estar associados, uma vez que a GR é a enzima responsável pela redução da glutatona oxidada (GSSG) formando uma nova molécula de glutatona reduzida (GSH), sendo esta por sua vez necessária para a reação de conjugação realizada pela GST. Já na 3ª campanha o ponto CP ainda apresentou aumentada atividade da SOD e da GR, porém, em menor intensidade do que observado na 2ª campanha, enquanto a GST esteve com sua atividade reduzida em relação à atividade observada em CN, no ponto DA por sua vez, também foi observado aumento na atividade da SOD e da GR, e diminuição da atividade da GST, no entanto de maneira substancialmente mais expressiva do que ocorreu no ponto CP, justificando o maior IBRv2 no ponto DA. Assim, na 3ª campanha nota-se que tanto em CP quanto em DA há uma ativação do sistema antioxidante, por meio do aumento da atividade da SOD, associado a um prejuízo no sistema de biotransformação, uma vez que a atividade da GST se encontra reduzida em ambos os pontos.

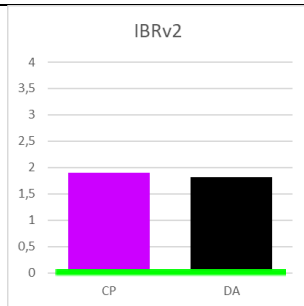
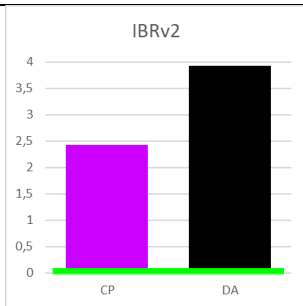
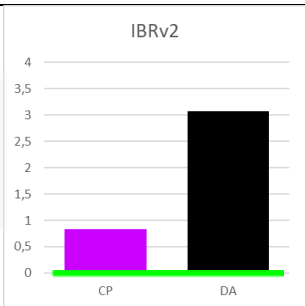
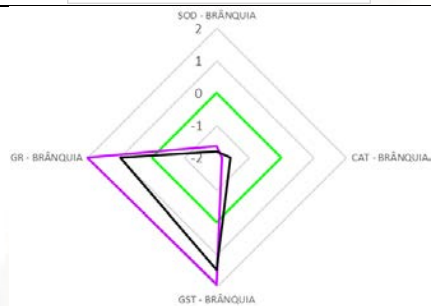
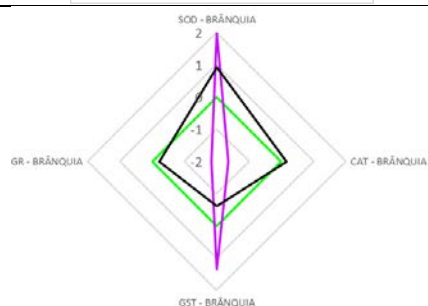
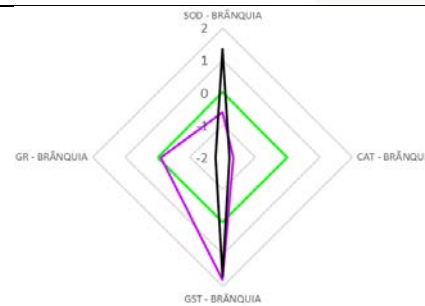
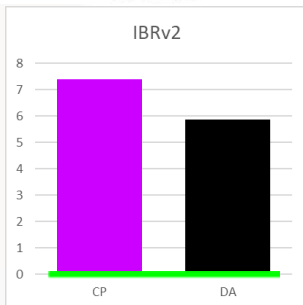
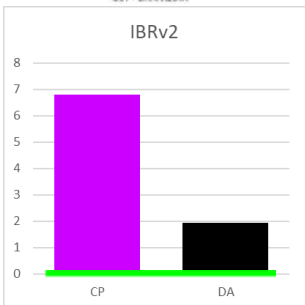
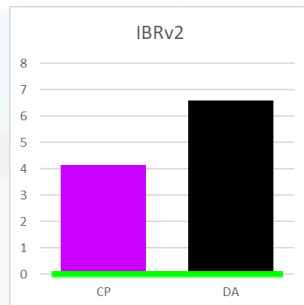
Nos peixes de hábito alimentar invertívoro bentônico, os quais foram avaliados em todas as campanhas, observa-se que o ponto DA apresentou o maior valor de IBRv2 na 1ª e na 3ª campanha, já o ponto CP apresentou maior IBRv2 na 2ª e na 4ª campanha. Em CP nota-se uma certa consistência das respostas das enzimas avaliadas na integração (GPx, GST e CAT) ao longo das quatro campanhas, com aumento da GST e redução da CAT sendo observada em todas e com aumento da GPx observado na 2ª, 3ª e 4ª campanhas. Já em DA, as respostas observadas variam de ao longo das campanhas, à exceção das duas primeiras campanhas, nas quais pode ser observado um expressivo aumento nas atividades da GPx e da GST, associado a uma pequena redução na atividade da CAT, já na 3ª campanha pode ser observado o inverso, com um pequeno aumento da atividade da CAT, associado a uma redução das atividades da GPx e da GST, na 4ª campanha há uma recuperação das atividades da GPx e da GST, as quais estão em níveis similares aos observados em CN, enquanto a CAT apresenta uma expressiva redução em sua atividade. A maior variação nos resultados observados em DA indica que os peixes de hábito alimentar invertívoro bentônico estão sujeitos a maiores alterações ambientais ou apresentam menor capacidade de adaptação a tais variações, o que se reflete na presença de prejuízos aos sistemas antioxidante e de biotransformação no tecido branquial destes animais.

Por fim, os peixes de hábito alimentar omnívoro, avaliados em todos os pontos apenas na 4ª campanha apresentaram o maior valor de IBRv2 no ponto CP. Em CP fica evidente a ativação do sistema antioxidante e de biotransformação em brânquias, mesmo com a observação da reduzida atividade da enzima CAT, uma vez que a atividade das enzimas SOD, GPx, GST e GR se encontram aumentadas, indicando que os peixes deste agrupamento estão lidando com a presença de EROs e metabólitos tóxicos. Já em DA, mesmo que o IBRv2 tenha sido menor que o de CP, pode se observar que há uma redução da atividade das enzimas CAT, GST e GR, associado a um aumento expressivo da atividade da SOD e de um leve aumento da atividade da GPX. Neste ponto, pode-se inferir que o sistema de biotransformação está prejudicado, assim como o sistema antioxidante, uma vez que mesmo com o aumento da atividade da SOD para a degradação do O₂⁻, não houve aumento associado da atividade da CAT e da GPx, indicando que o produto da degradação do O₂⁻, a ERO H₂O₂ pode estar se acumulando no tecido branquial destes animais, o que eventualmente culminará em aumento do dano neste tecido.



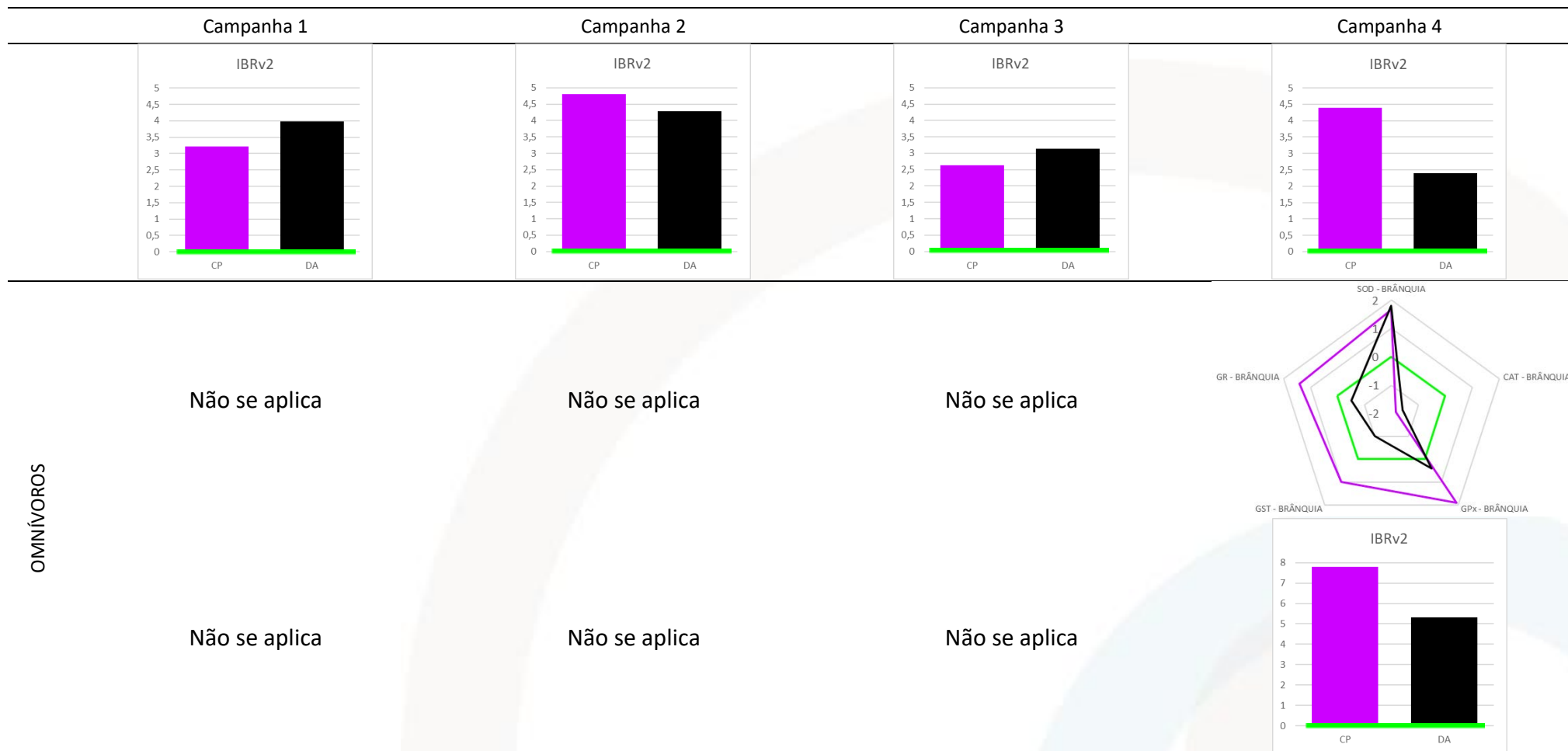
Tabela 39. Índice integrado de Respostas dos Biomarcadores (IBRv2) enzimáticos dos sistemas antioxidante e de biotransformação de tecido branquial dos peixes dos pontos amostrais CN, CP e DA do compartimento 2, comparação entre os pontos em cada uma das campanhas amostrais.



Campanha 1		Campanha 2		Campanha 3		Campanha 4	
SILURIFORMES				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
INVERTÍVOROS BENTÔNICOS					



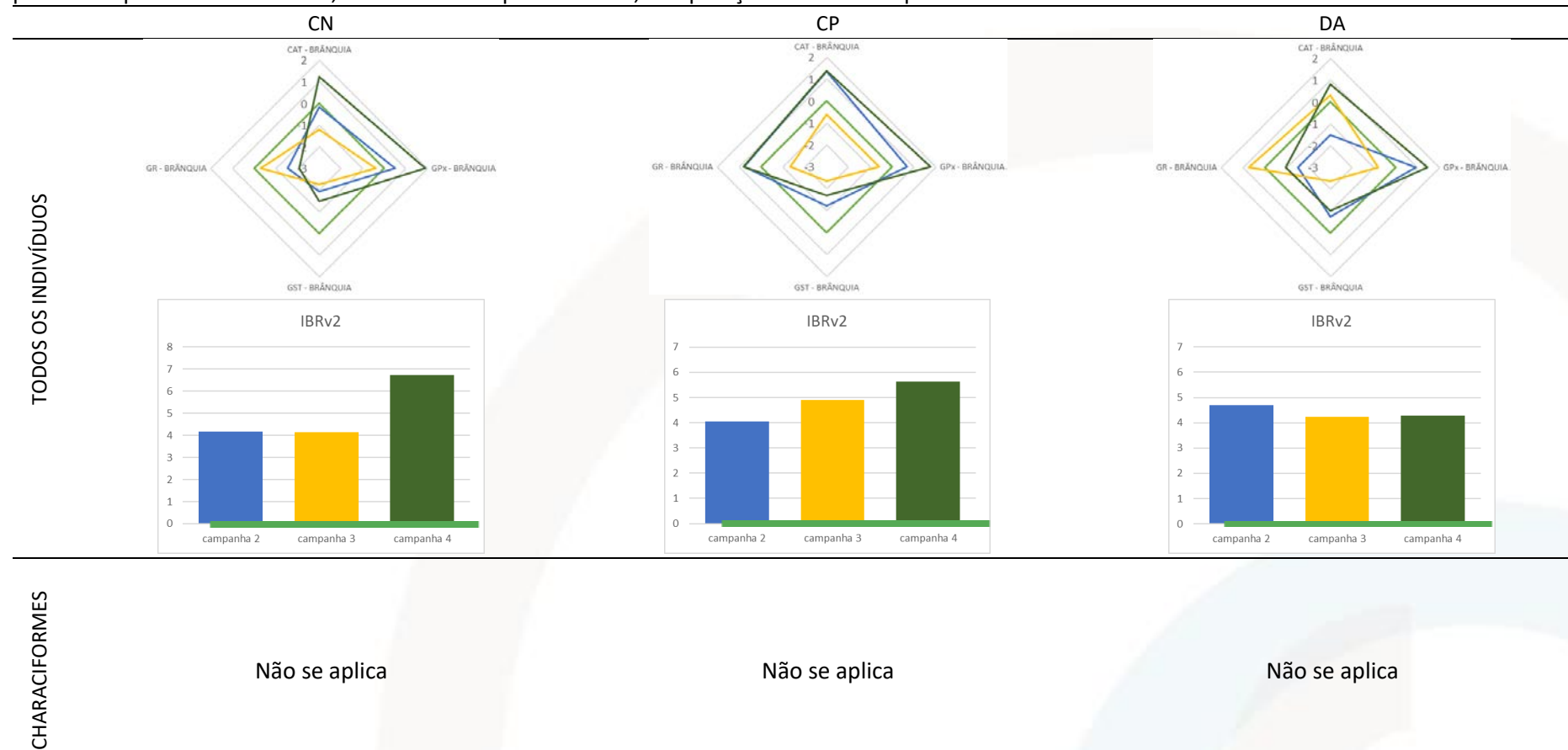
Não se aplica: indica que o IBRv2 não foi aplicado no agrupamento seja por ausência ou insuficiência de **n** amostral na campanha em questão.

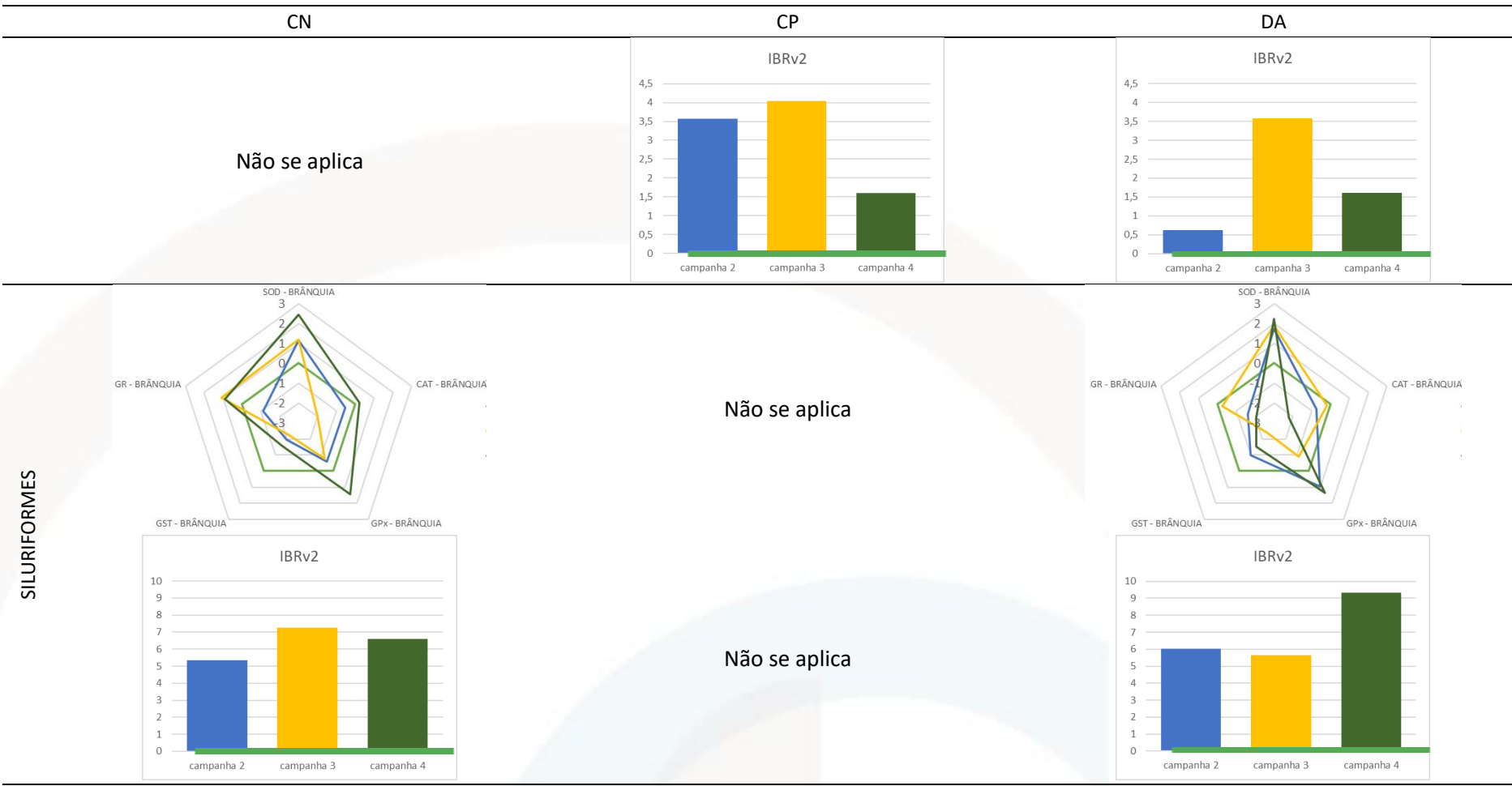
Para cada agrupamento (todos os indivíduos, Characiformes, Siluriformes, ictiófagos e invertívoros bentônicos, omnívoros) e campanha, as respostas dos biomarcadores integrados estão representados por um gráfico de radar no qual as respostas dos peixes de CN estão representadas em verde (—), de CP em 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.

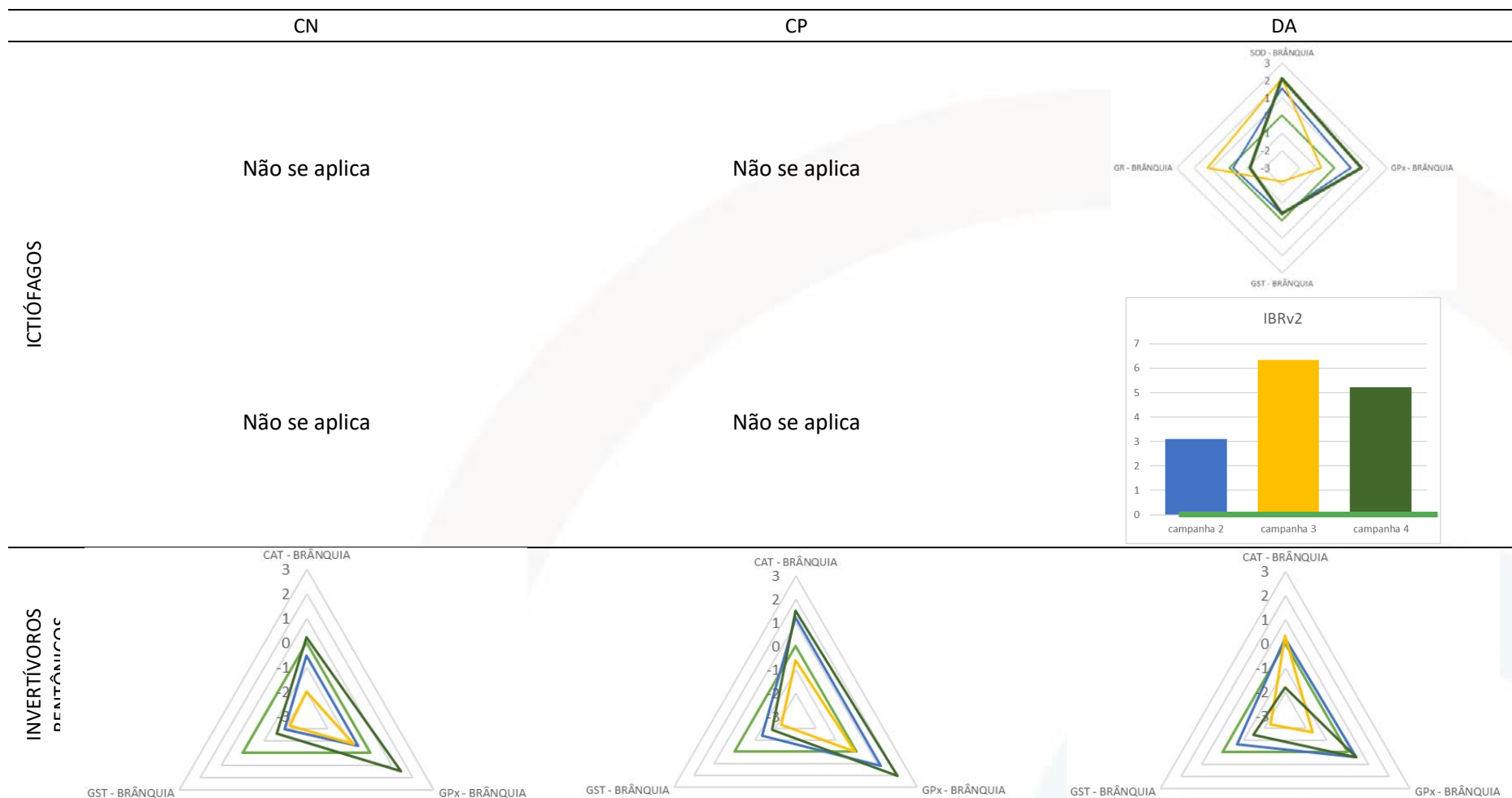
SOD - BRÂNQUIA: superóxido dismutase em tecido branquial; CAT - BRÂNQUIA: catalase em tecido branquial; GPx - BRÂNQUIA: glutathione peroxidase em tecido branquial; GST - BRÂNQUIA: glutathione S-transferase em tecido branquial; GR - BRÂNQUIA: glutathione redutase em tecido branquial.

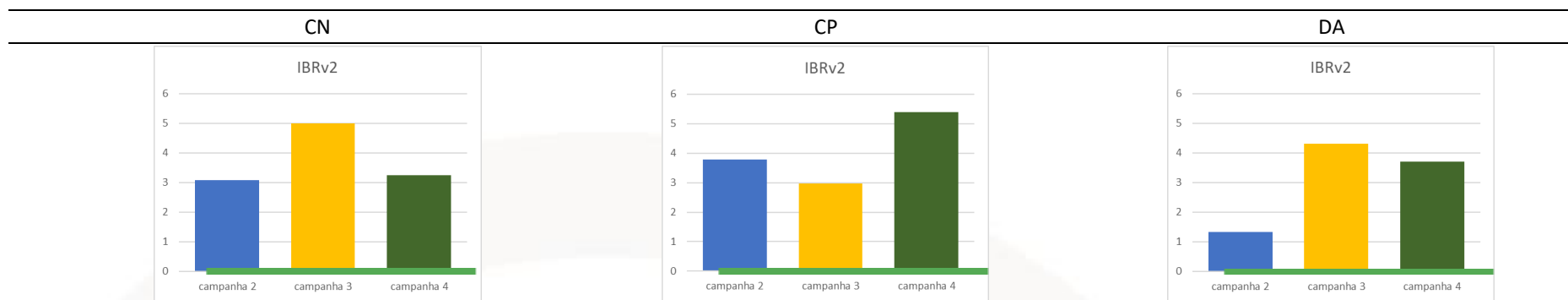
Na avaliação dos diferentes pontos amostrais em relação a cada uma das campanhas amostradas, observa-se que ao avaliarmos todos os peixes de cada ponto, no ponto CN as campanhas 2 e 3 apresentaram valores semelhantes de IBRV2, enquanto na campanha 4 este valor esteve aumentado, no ponto CP o valor de IBRV2 aumentou no decorrer das campanhas, alcançando maior valor da 4ª campanha, e no ponto DA o maior valor de IBRV2 foi observado na 2ª campanha, estando os valores da 3ª e 4ª campanha semelhantes entre si. No agrupamento dos peixes da ordem Characiformes apenas os pontos CP e DA foram avaliados em todas as campanhas, sendo tanto no ponto CP, quanto no ponto DA observado o maior valor de IBRV2 na 3ª campanha, seguido pela 2ª e pela 4ª, no ponto CP e pela 4ª e 2ª campanha no ponto DA. Os peixes da ordem Siluriformes, por sua vez, foram avaliados em todas as campanhas apenas nos pontos CN e DA, sendo no ponto CN o maior valor de IBRV2 observado na 3ª campanha, seguido da 4ª e da 2ª, respectivamente, enquanto no ponto DA o maior valor de IBRV2 foi observado na 4ª campanha, seguido da 2ª e da 3ª, respectivamente, embora com pouca diferença entre estas duas últimas campanhas. Nos agrupamentos de acordo com o hábito alimentar, os peixes de hábito ictiófago foram avaliados em todas as campanhas apenas no ponto DA, no qual foram observadas as maiores diferenças em relação à primeira campanha (maior valor de IBRV2) na 3ª campanha, seguida da 4ª e da 2ª campanha, respectivamente. O último agrupamento avaliado no compartimento 2 foram os peixes de hábito alimentar invertívoro bentônico, e neste grupo, no ponto CN, o maior valor de IBRV2 foi observado na 3ª campanha, seguido da 4ª e da 2ª, que apresentaram valores muito semelhantes entre si, já no ponto CP, o maior valor de IBRV2 foi observado na 4ª campanha, seguido da 2ª e da 3ª, respectivamente e, por fim, no ponto DA o maior valor de IBRV2 foi observado na 3ª campanha, seguido da 4ª e da 2ª campanha, respectivamente (Tabela 40).

Tabela 40. 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 2, comparação entre as campanhas.









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

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

No compartimento 2, considerando todos os peixes capturados em cada um dos pontos amostrais e acompanhando a Tabela 41, observa-se que o ponto CP apresentou maior valor de IBRV2 nas campanhas 1 e 4, enquanto este valor foi maior no ponto DA nas campanhas 2 e 3. Nota-se que no geral as repostas observadas nos biomarcadores integrados (SOD, CAT, GPx, GST e GR hepáticas) foram bastante semelhantes nos peixes de CP e DA, no entanto, na 1ª e na 4ª campanhas, sendo estas as campanhas realizadas no período de seca, as alterações observadas foram mais expressivas em CP, enquanto na 2ª e 3ª campanhas, coletadas no período chuvoso, a maior expressividade nas alterações foi observada nos peixes do ponto DA. Destaca-se que na 3ª campanha todos os biomarcadores avaliados apresentaram redução em suas atividades tanto em CP, quanto em DA, quando comparados aos valores obtidos em CN, indicando grave prejuízo tanto ao sistema antioxidante, quanto ao de biotransformação no tecido hepático destes peixes do compartimento 2.

Os peixes da ordem Characiformes, coletados em todos os pontos amostrais do compartimento 2 apenas nas campanhas 1, 2 e 3, apresentaram maior IBRV2 no ponto CP na 1ª e 2ª campanha, enquanto na 3ª campanha o ponto DA foi o que apresentou o maior valor de IBRV2. Ainda assim, de maneira geral as respostas observadas em CP e DA foram semelhantes nas diferentes campanhas. Nos peixes desta ordem, destaca-se que na 3ª campanha, assim como observado na avaliação conjunta de todos os peixes amostrados em cada ponto, há uma expressiva redução na atividade das enzimas do sistema antioxidante, especialmente no ponto DA. Ainda, nota-se que na 2ª campanha, as respostas observadas para CP e DA nos peixes Characiformes apresentaram padrão oposto ao observado quando avaliados todos os peixes em conjunto, por exemplo, enquanto na avaliação de todos os peixes as atividades da SOD, CAT e GPx estiveram aumentadas, quando se trata do agrupamento dos Characiformes estas enzimas apresentaram suas atividades reduzidas, ao passo que a GST e a GR estiveram aumentadas quando considerados todos os peixes e diminuídas nos peixes da ordem Characiformes.

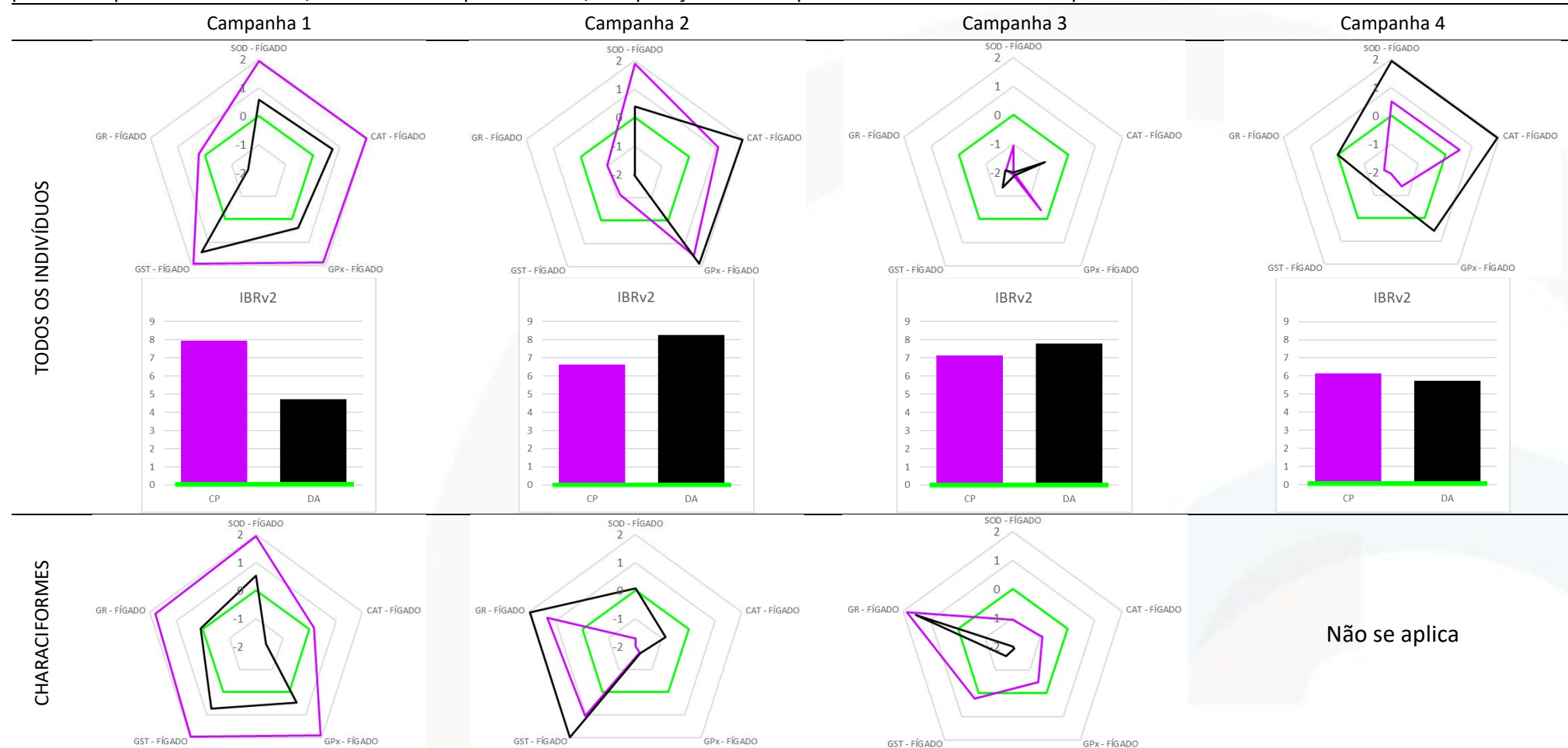
Os peixes da ordem Siluriformes, amostrados em todos os pontos apenas nas campanhas 2, 3 e 4, apresentaram maior IBRV2 no ponto DA apenas na campanha 4, embora com pouca diferença em relação ao ponto CP. Em DA destaca-se a atividade da GST que esteve aumentada em todas as campanhas avaliadas e em CP destaca-se a atividade da CAT que esteve reduzida em todas as campanhas avaliadas, sendo que os demais biomarcadores avaliados nesta integração (SOD, GST e GR) apresentaram respostas distintas nas três campanhas.

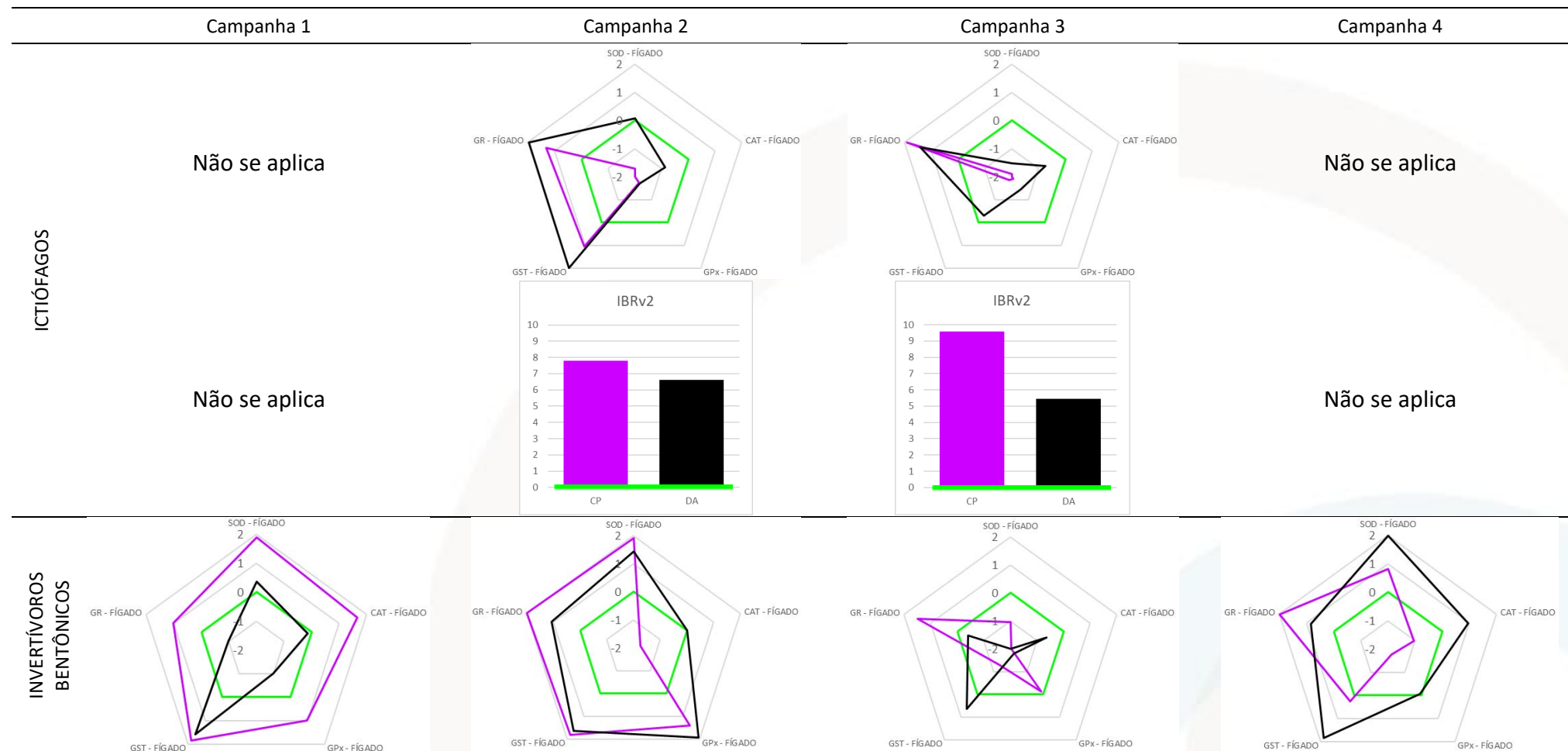
Tanto os peixes de hábito alimentar ictiófago, amostrados em todos os pontos apenas nas campanhas 2 e 3, quanto os invertívoros bentônicos, amostrados em todas as campanhas,

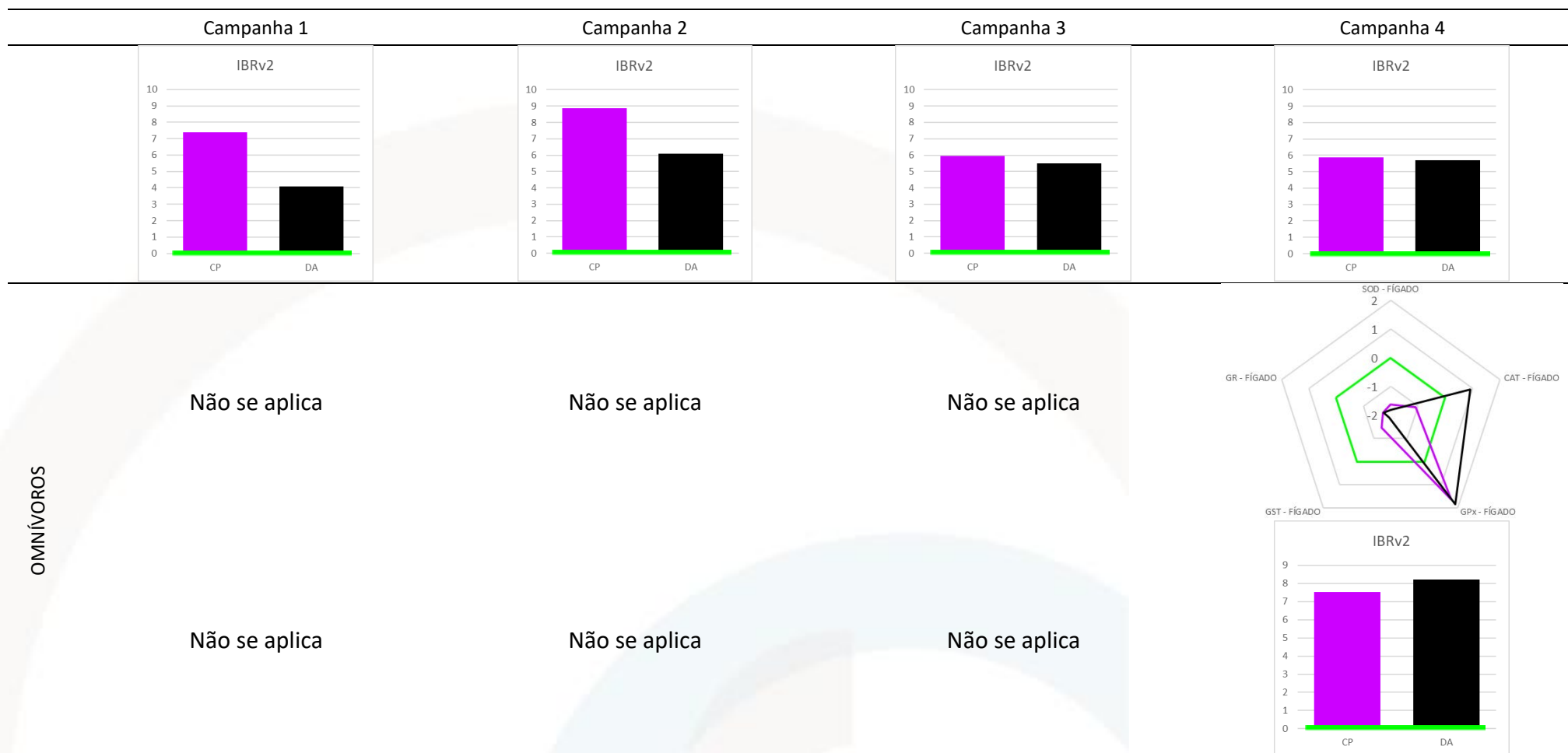
apresentaram maior valor de IBRv2 no ponto CP, embora na 3ª e na 4ª campanha, nos invertívoros bentônicos, a diferença entre CP e DA tenha sido bastante reduzida. Nos ictiófagos observa-se que tanto na 2ª, quanto na 3ª campanha, os peixes de DA apresentaram aumento na atividade da GR e redução na atividade da CAT e da GST. Em especial, observa-se que na 3ª campanha, à exceção da atividade da GR que esteve aumentada, as demais enzimas apresentaram redução em suas atividades, indicando especial prejuízo no que se trata da defesa contra as EROs, embora na 2ª campanha os resultados observados para as atividades da CAT e da GPx também estejam associados à prejuízo no sistema antioxidante. Em relação aos peixes invertívoros bentônicos observa-se que embora os peixes de CP tenham apresentado as maiores alterações (maior valor de IBRv2), aqueles do ponto DA também apresentaram diversas alterações nos biomarcadores. Em DA, destaca-se a atividade da GST que esteve aumentada em todas as campanhas, na 2ª e 4ª campanha destacam-se os aumentos observados nas atividades de quase todas as enzimas avaliadas, sem que ocorresse a redução de nenhuma atividade, indicando que nestas campanhas tanto o sistema antioxidante, quanto o de biotransformação estão sendo ativados para a manutenção da homeostase, já na 3ª campanha observa-se especial prejuízo no sistema de defesa antioxidante uma vez que todas as enzimas deste sistema, ou seja, SOD, CAT e GPx, se encontram com sua atividade reduzida

Por fim, os peixes de hábito alimentar omnívoro, amostrados em todos os pontos apenas na 4ª campanha, apresentaram maior valor de IBRv2 no ponto DA, sendo neste ponto, assim como no ponto CP, observada a redução da atividade das enzimas SOD, GST e GR, enquanto a CAT e GPx apresentaram um expressivo aumento em suas atividades no ponto DA e apenas a GPx esteve aumentada em CP. Assim, pode-se inferir que a produção de peróxidos está especialmente elevada nos peixes DA, uma vez que tanto a CAT quanto a GPx estão com suas atividades aumentadas, ainda, de maneira similar, no ponto CP, o aumento da GPx indica que também há aumento da produção de peróxido nos peixes deste ponto.

Tabela 41. 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 2, comparação entre os pontos em cada uma das campanhas amostrais.







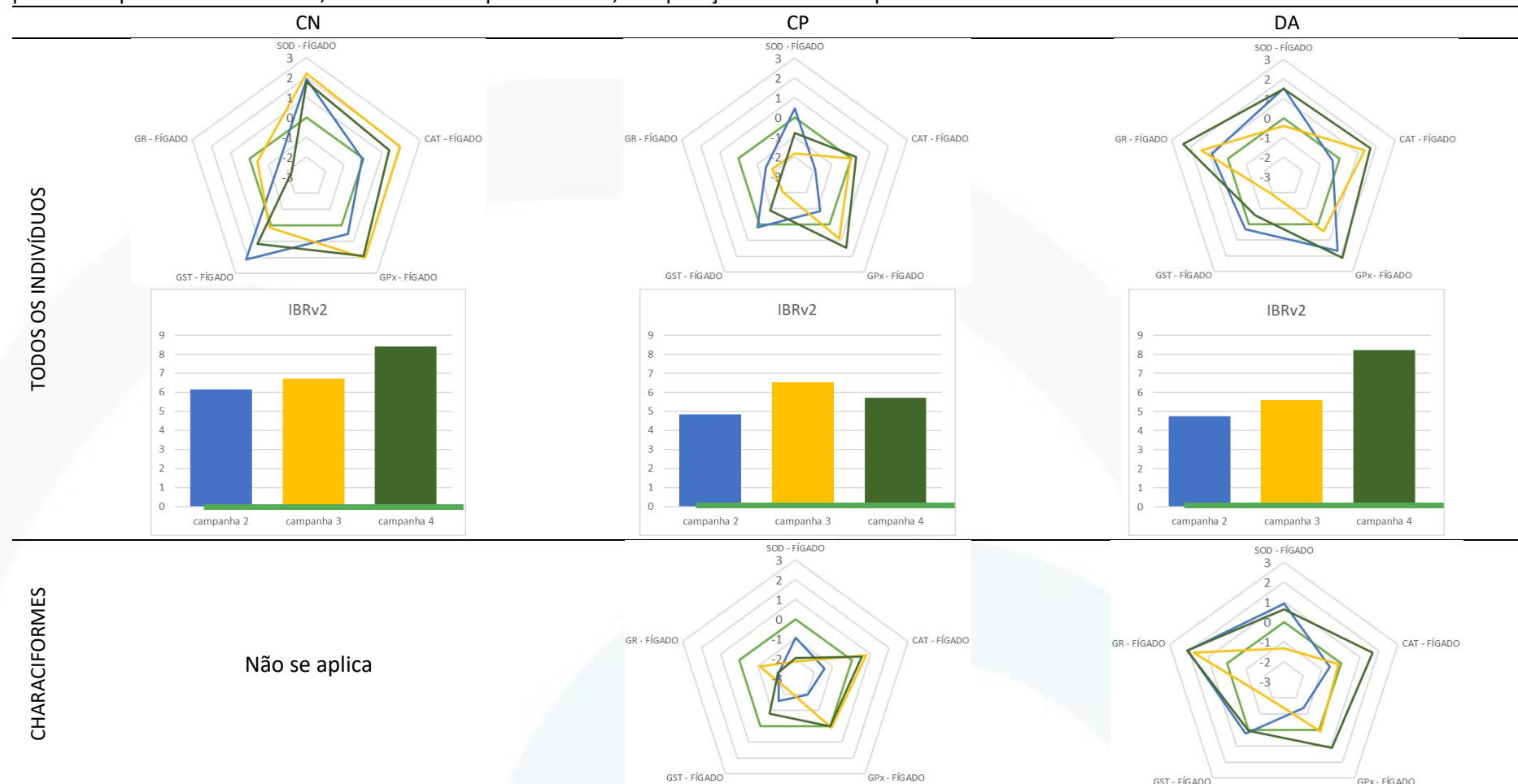
Não se aplica: indica que o IBRv2 não foi aplicado no agrupamento seja por ausência ou insuficiência de **n** amostral na campanha em questão.

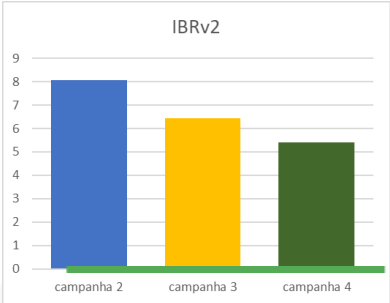
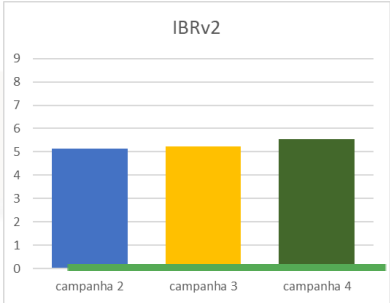
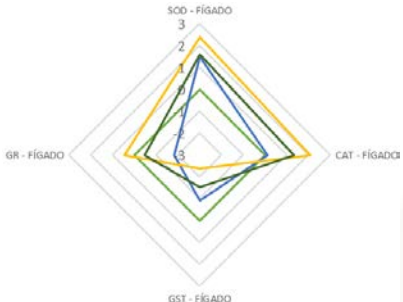
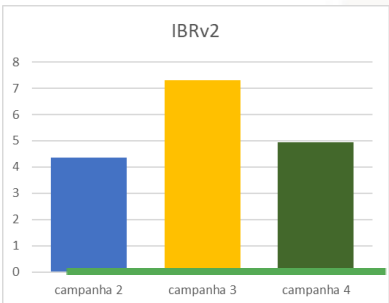
Para cada agrupamento (todos os indivíduos, Characiformes, Siluriformes, ictiófagos e invertívoros bentônicos, omnívoros) e campanha, as respostas dos biomarcadores integrados estão representados por um gráfico de radar no qual as respostas dos peixes de CN estão representadas em verde (—), de CP em 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: glutathiona peroxidase em tecido hepático; GST - FÍGADO: glutathiona S-transferase em tecido hepático; GR - FÍGADO: glutathiona redutase em tecido hepático.

Ao avaliarmos individualmente cada um dos pontos amostrais, observa-se, quando considerados todos os peixes capturados no compartimento 2, que no ponto CN e no ponto Da o maior valor de IBRv2 foi observado na 4ª campanha, seguido da 3ª e da 2ª. No ponto CP, no entanto, o maior IBRv2 foi observado na campanha 3, seguido da 4 e da 2. Lembrando, que nesta avaliação o valor de IBRv2 reflete a diferença nas respostas observadas em cada uma das campanhas em relação à 1ª campanha. No agrupamento dos peixes da ordem Characiformes observa-se que no ponto CP a maior valor de IBRv2 aconteceu na 2ª campanha, com o valor decrescendo ao longo das campanhas subsequentes, já no ponto DA o maior valor foi observado na campanha, embora com valor similar ao IBRv2 da 2ª e da 3ª campanha. Ao agruparmos os peixes da ordem Siluriformes observa-se que tanto no ponto CN, quanto no ponto DA o maior IBRv2 ocorreu na 3ª campanha, seguido da 4ª e da 2ª campanha. Os peixes ictiófagos, avaliados em todas as campanhas apenas no ponto DA, apresentaram maior IBRv2 na campanha 4. Em relação aos peixes com hábito alimentar invertívoro bentônico, observa-se que nos pontos CP e DA o maior valor de IBRv2 foi observado na 3ª campanha, seguido da 4ª e da 2ª, enquanto no ponto DA o maior valor foi observado na campanha 4, seguido da campanha 3 e da campanha 2, respectivamente (Tabela 42).

Tabela 42. 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 2, comparação entre as campanhas.



	CN	CP	DA
	Não se aplica		
SILURIFORMES	 	Não se aplica Não se aplica	