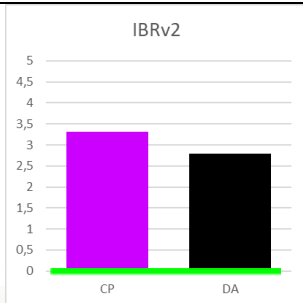
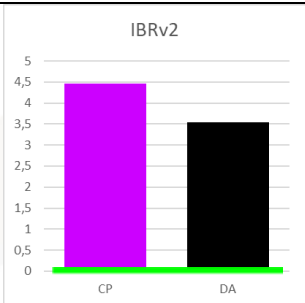


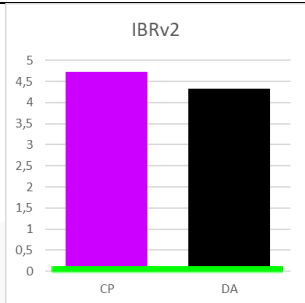
Campanha 1



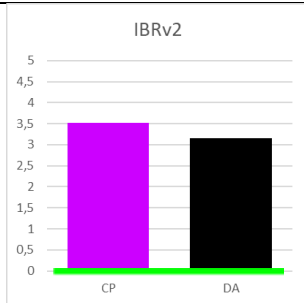
Campanha 2



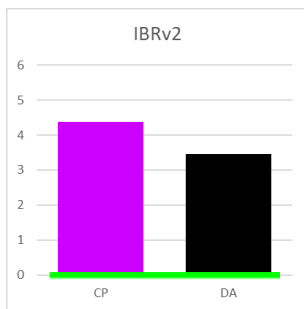
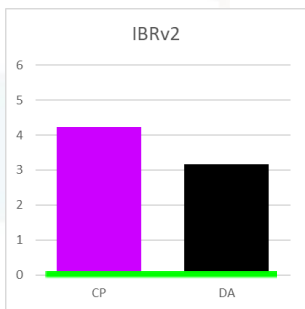
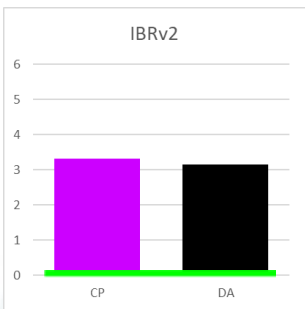
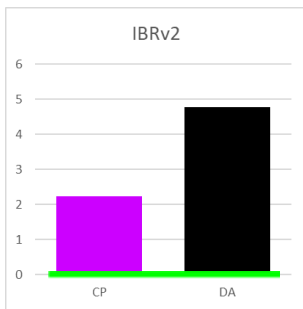
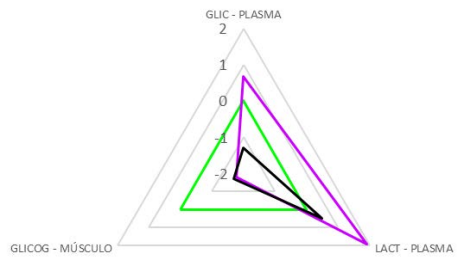
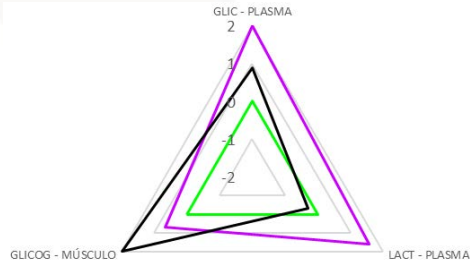
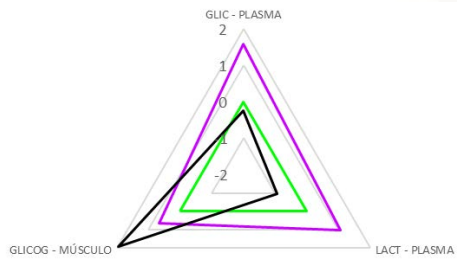
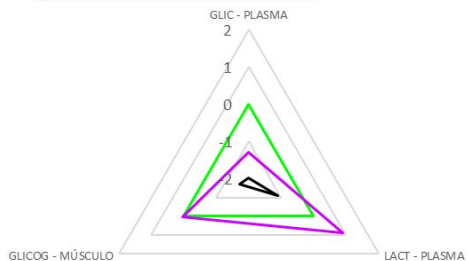
Campanha 3

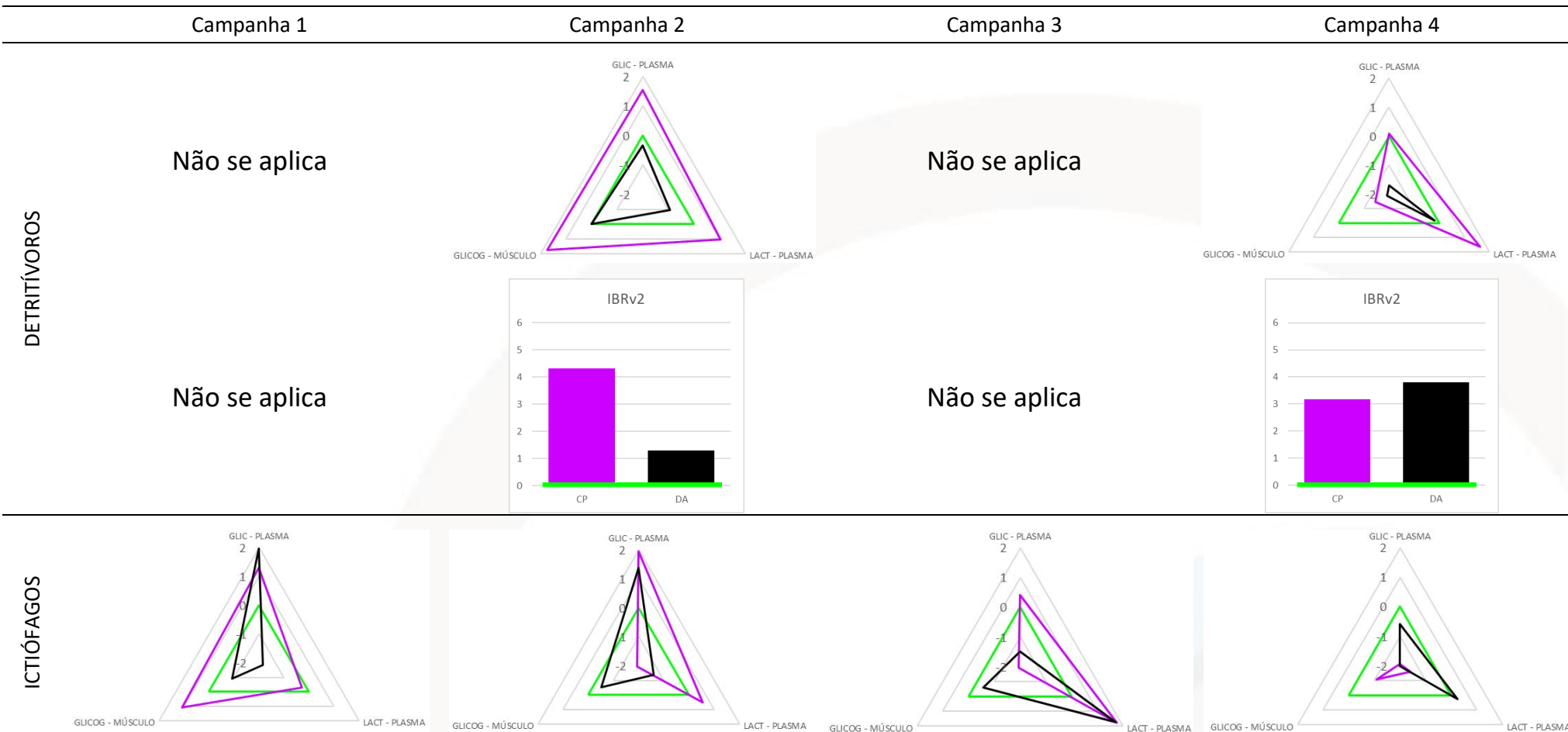


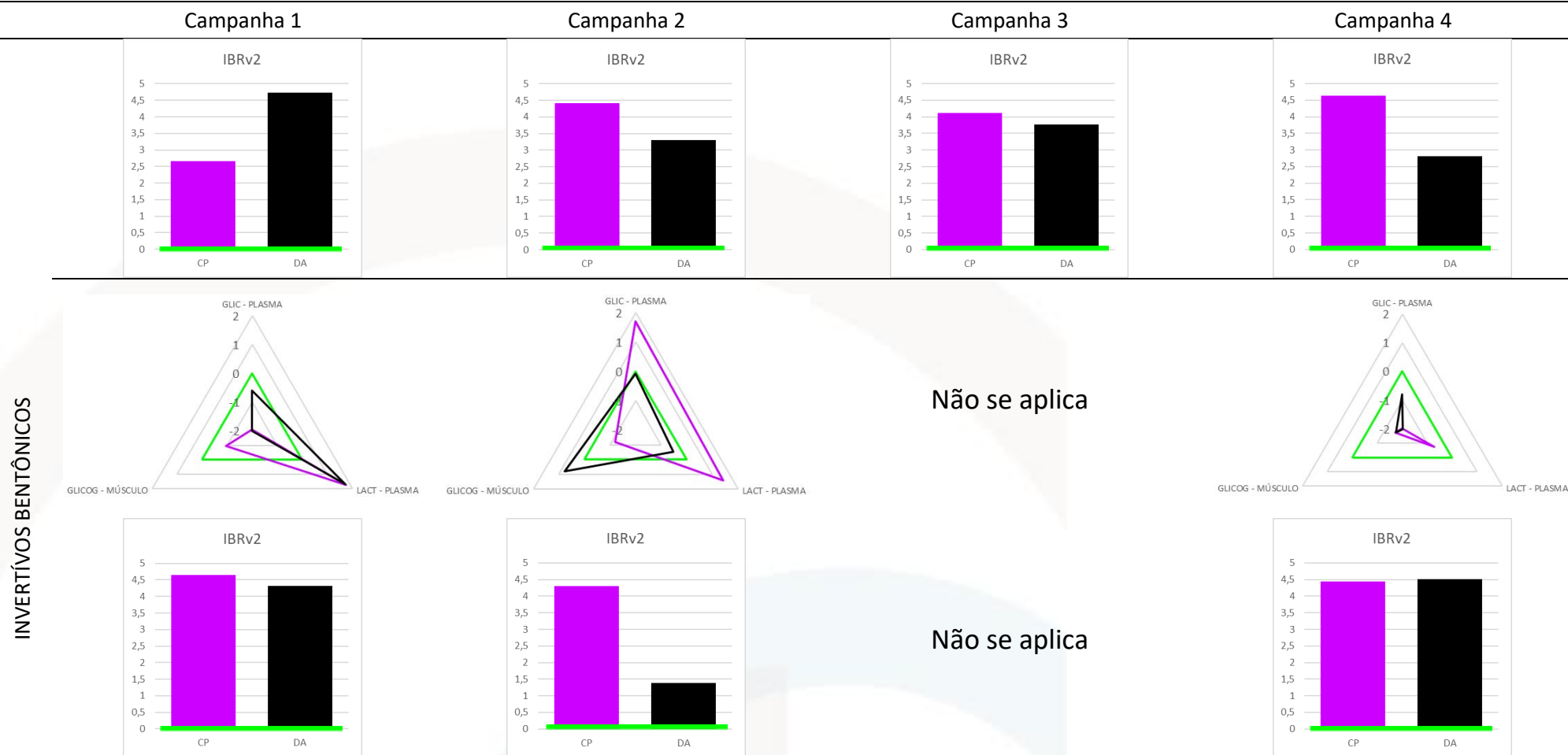
Campanha 4



SILURIFORMES







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, detritívoros, 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.

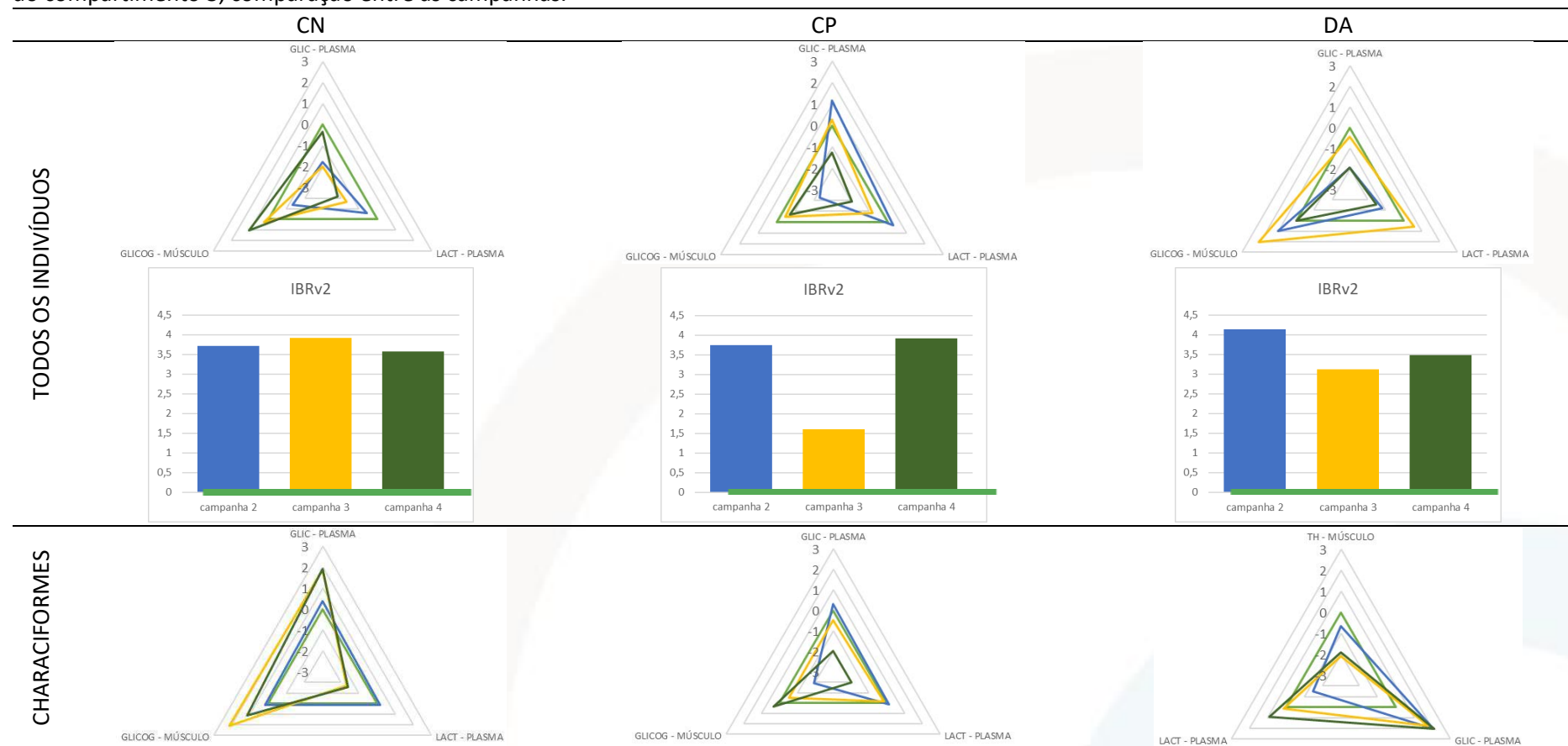
GLIC - PLASMA: concentração de glicose plasmática; GLICOG - MÚSCULO: concentração de glicogênio muscular; LACT - PLASMA: concentração de lactato plasmático.

Na avaliação da integração dos biomarcadores de acordo com o ponto amostral, observou-se quando analisados todos os peixes capturados, no ponto CN o IBRv2 esteve elevado nas campanhas 2, 3 e 4, em relação à campanha 1, de maneira similar, apresentado o maior valor na campanha 3, seguido das campanhas 2 e 4 respectivamente. Já para o ponto CP os maiores valores de IBRv2 foram observados nas campanhas 2 e 4, sendo o maior valor observado na campanha 4, enquanto na campanha 3 o IBRv2 se apresentou menor, indicando que esta campanha apresentou menos alterações nos biomarcadores em relação aos resultados obtidos na 1ª campanha. No ponto DA, por sua vez, o maior valor de IBRv2 foi encontrado na 2ª campanha, seguido da 4ª e da 3ª campanha, respectivamente. Nos peixes da ordem Characiformes nota-se, no ponto CN, pelo reduzido valor de IBRv2 observado na 2ª campanha, que esta campanha apresentou pouca alteração nas respostas dos biomarcadores integrados em relação às respostas observadas na 1ª campanha, ao passo que na 3ª e na 4ª campanhas estas alterações foram mais expressivas uma vez que IBRv2 em ambas esteve elevado. Para os peixes desta mesma ordem capturados no ponto CP, a 3ª campanha foi a que apresentou os menores valores de IBRv2, seguido da 2ª campanha, sendo o maior valor de IBRv2 observado na 4ª campanha. Similarmente, no ponto DA, o maior valor de IBRv2, para os Characiformes, foi observado na 4ª campanha, no entanto, embora os valores de IBRv2 tenham sido menores na 2ª e na 3ª campanha, respectivamente, a diferença entre as campanhas (2, 3 e 4) não foi tão expressiva como a observada nos demais pontos amostrais. Nos Siluriformes, para o ponto CN a 4ª campanha foi a que apresentou o maior valor de IBRv2, sendo que as campanhas 2 e 3 apresentaram valores similares, com a 2ª campanha estando ligeiramente maior que a 3ª. No ponto CP, no entanto, a 2ª e a 4ª campanha apresentaram os maiores valores de IBRv2, enquanto o menor valor foi observado na campanha 3. No ponto DA, para este mesmo agrupamento de peixes (Siluriformes), o maior valor de IBRv2 foi obtido na 3ª campanha, seguido pela 4ª e pela 2ª, respectivamente, embora estas duas campanhas tenham apresentado valores similares entre si. Em relação aos animais de hábito alimentar detritívoro apenas o ponto CP pode ser avaliado na integração dos biomarcadores de metabolismo energético, e neste ponto, notou-se que os valores de IBRv2 para as campanhas 2, 3 e 4 foram muito semelhantes entre si, estando o IBRv2 da campanha 4 um pouco acima dos demais (Tabela 57).

Quanto aos peixes ictiófagos, naqueles do ponto CN o maior IBRv2 foi observado na 3ª campanha, com uma pequena redução na 4ª, sendo a 2ª campanha a que apresentou o menor valor do índice, ou seja, a 2ª campanha foi a que apresentou os resultados mais semelhantes à 1ª campanha. Para este mesmo hábito alimentar, nos peixes do ponto CP, a 3ª campanha foi a que apresentou o menor valor de IBRv2, ao passo que o maior valor foi encontrado na 4ª campanha. Por fim, para os peixes do ponto DA os valores de IBRv2 foram semelhantes aos observados para o ponto CN, estando maior na 3ª e na 4ª campanha, respectivamente, e menor na 2ª campanha. O último hábito alimentar avaliado no compartimento 3 foi o invertívoro bentônico, porém, apenas no ponto CN, sendo neste

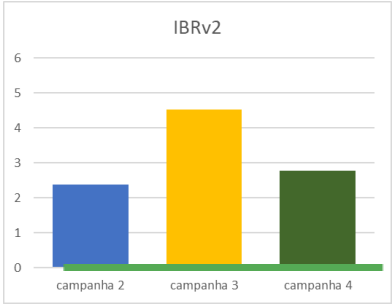
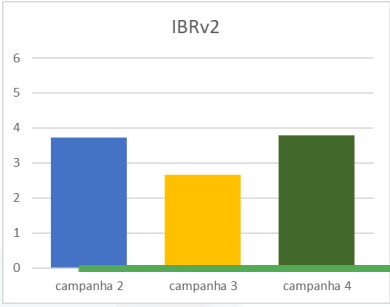
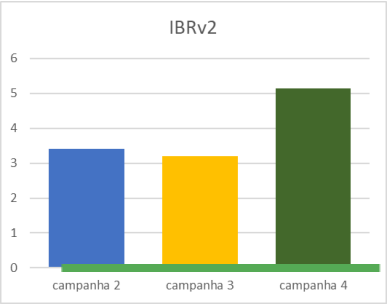
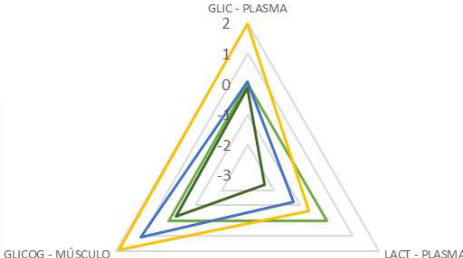
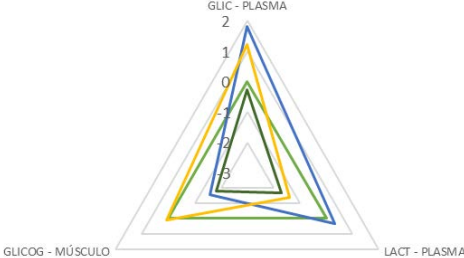
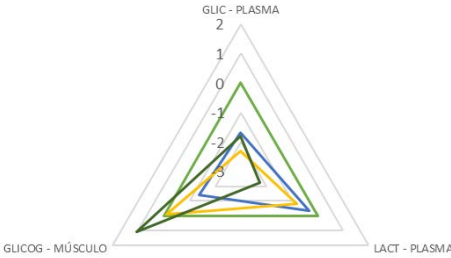
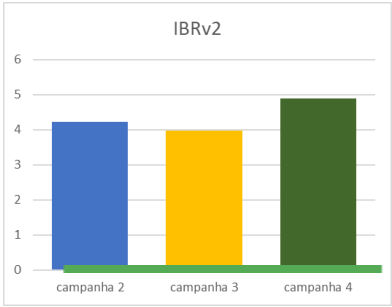
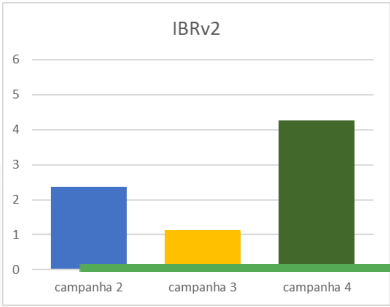
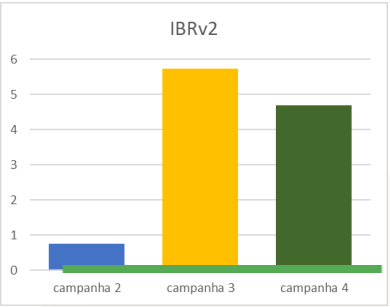
ponto o maior valor de IBRV2 observado na 2ª campanha, seguido na 4ª e da 3ª campanha, respectivamente (Tabela 57).

Tabela 57. Índice integrado de Respostas dos Biomarcadores (IBRv2) relacionados ao metabolismo energético dos peixes dos pontos amostrais CN, CP e DA do compartimento 3, comparação entre as campanhas.

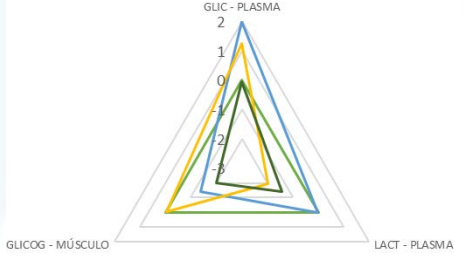


SILURIFORMES

DETRITÍVOROS

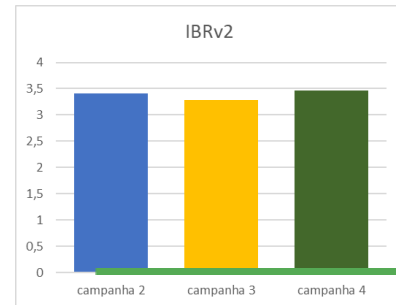


Não se aplica



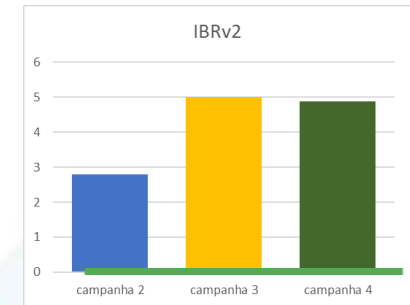
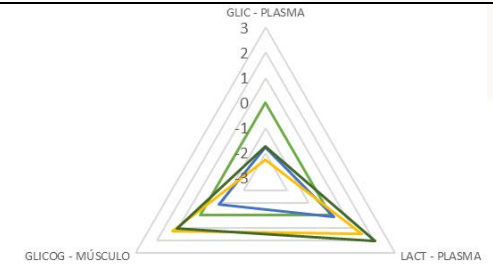
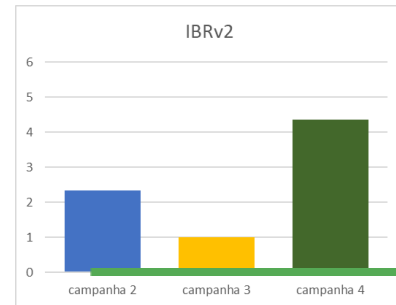
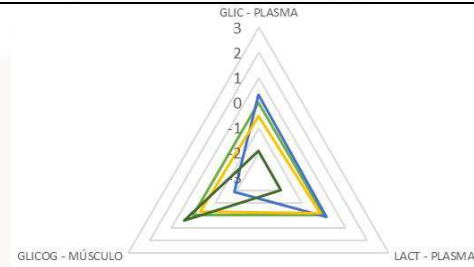
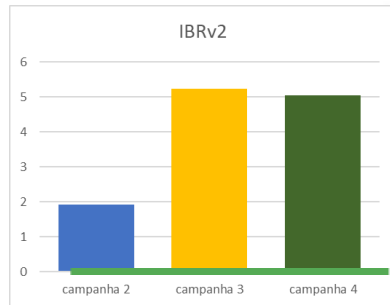
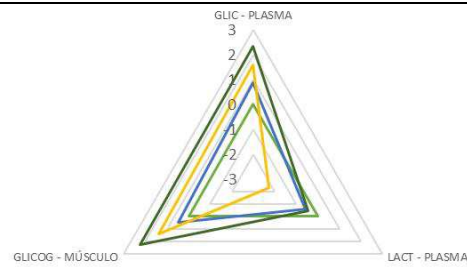
Não se aplica

Não se aplica

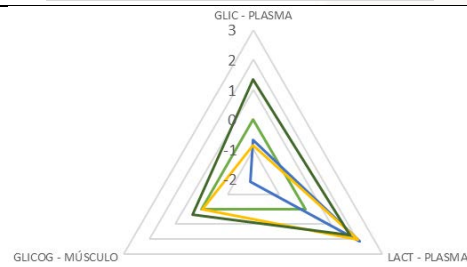


Não se aplica

ICTÍÓFAGOS

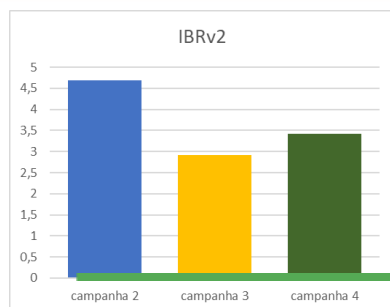


INVERTÍVOROS



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.

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

3.1.1.5.4. 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.

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

No compartimento 3, ao avaliarmos a integração dos biomarcadores relacionados aos sistemas antioxidante e de biotransformação em brânquia, observa-se pela Tabela 58, que para o conjunto de todos os organismos amostrados em cada um dos pontos, apenas na 1ª campanha o maior valor de IBRv2 foi observado no ponto DA, ao passo que nas demais campanhas o ponto CP foi o que apresentou os maiores valores de IBRv2, embora na 2ª campanha CP e DA tenham apresentado valores bastante semelhantes de IBRv2. Tanto em CP quanto em DA observa-se uma certa variação nas respostas em relação às respostas do ponto CN ao longo das quatro campanhas. Destaca-se na 1ª campanha, no ponto DA a diminuição da atividade das enzimas CAT e GPx, ambas extremamente importantes para a degradação de ERO, evitando assim a condição de estresse oxidativo, associada ao aumento da atividade da GST e da GR, sendo a GST uma enzima capaz de promover a biotransformação de compostos e metabólitos tóxicos, e a GR a enzima responsável pela recuperação dos níveis de GSH, uma molécula de extrema importância tanto pro sistema antioxidante, quanto pro de biotransformação. Já na 2ª campanha, observa-se que em DA houve um expressivo aumento da atividade da SOD, o que sabidamente reflete no aumento da produção de H₂O₂, no entanto, tanto a CAT quanto a GPx, que são as enzimas capazes de degradar o H₂O₂, evitando que o mesmo reaja com biomoléculas como lipídeos, proteínas e até mesmo o DNA, se encontram com sua atividade reduzida, indicando grande prejuízo na defesa antioxidante neste tecido. Ainda, nesta mesma campanha a enzima GR está com sua atividade reduzida, podendo esta redução inclusive estar associada à diminuição da atividade da GPx, uma vez que a GSH atua como cofator enzimático para a GPx.

Os peixes da ordem Characiformes, embora não avaliados na 3ª campanha, apresentaram maior valor de IBRv2 no ponto DA nas campanhas 1 e 4, enquanto na campanha 2 o maior valor foi observado no ponto CP. Na 1ª campanha CP apresentou redução na atividade de todas as enzimas avaliadas na integração (SOD, GPx e GST), ao passo que em DA as enzimas do sistema antioxidante (SOD e GPx) se encontraram expressivamente reduzidas em relação à CN, enquanto a atividade da GST

esteve bastante aumentada, indicando prejuízo nas defesas antioxidantes e ativação do sistema de biotransformação nos peixes de DA. Na 2ª campanha, por sua vez, embora CP tenha apresentado maior valor de IBRv2, tanto CP quanto DA apresentaram as mesmas alterações, com aumento da atividade da SOD e redução da atividade da GPx e da GST. Por fim, na 4ª campanha, é importante ressaltar que as três enzimas avaliadas na integração apresentaram atividade reduzida nos peixes do ponto DA, indicando prejuízo tanto ao sistema antioxidante quanto ao de biotransformação nos peixes Characiformes deste ponto.

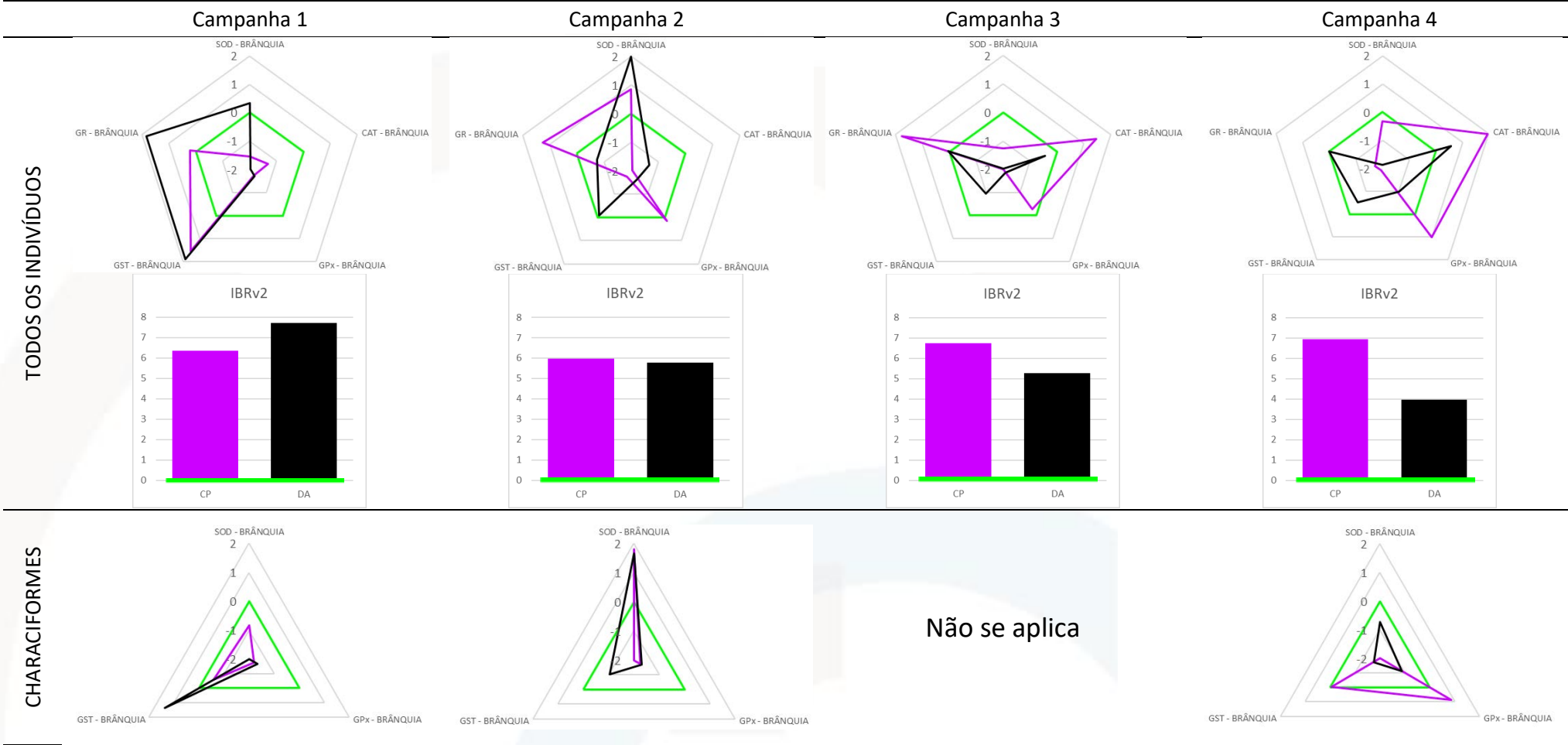
Os Siluriformes por sua vez apresentaram maior valor de IBRv2 no ponto DA apenas na 1ª campanha, na qual foi observada a ativação do sistema de biotransformação, por meio do aumento da atividade da GST, associado ao aumento também da atividade da GR, o sistema antioxidante por sua vez apresentou um pequeno aumento da atividade da SOD, associado a uma expressiva diminuição da CAT e da GPx. Nas demais campanhas, como previamente indicado, o ponto CP foi o que apresentou o maior valor de IBRv2, sendo em ambas observada a ativação do sistema antioxidante e a diminuição da atividade da GST. Embora nestas três campanhas CP tenha apresentado o maior IBRv2, nota-se muitas alterações nos biomarcadores avaliados também nos peixes de DA, com destaque à diminuição da atividade da GPx que ocorreu em todas as campanhas nos peixes deste ponto.

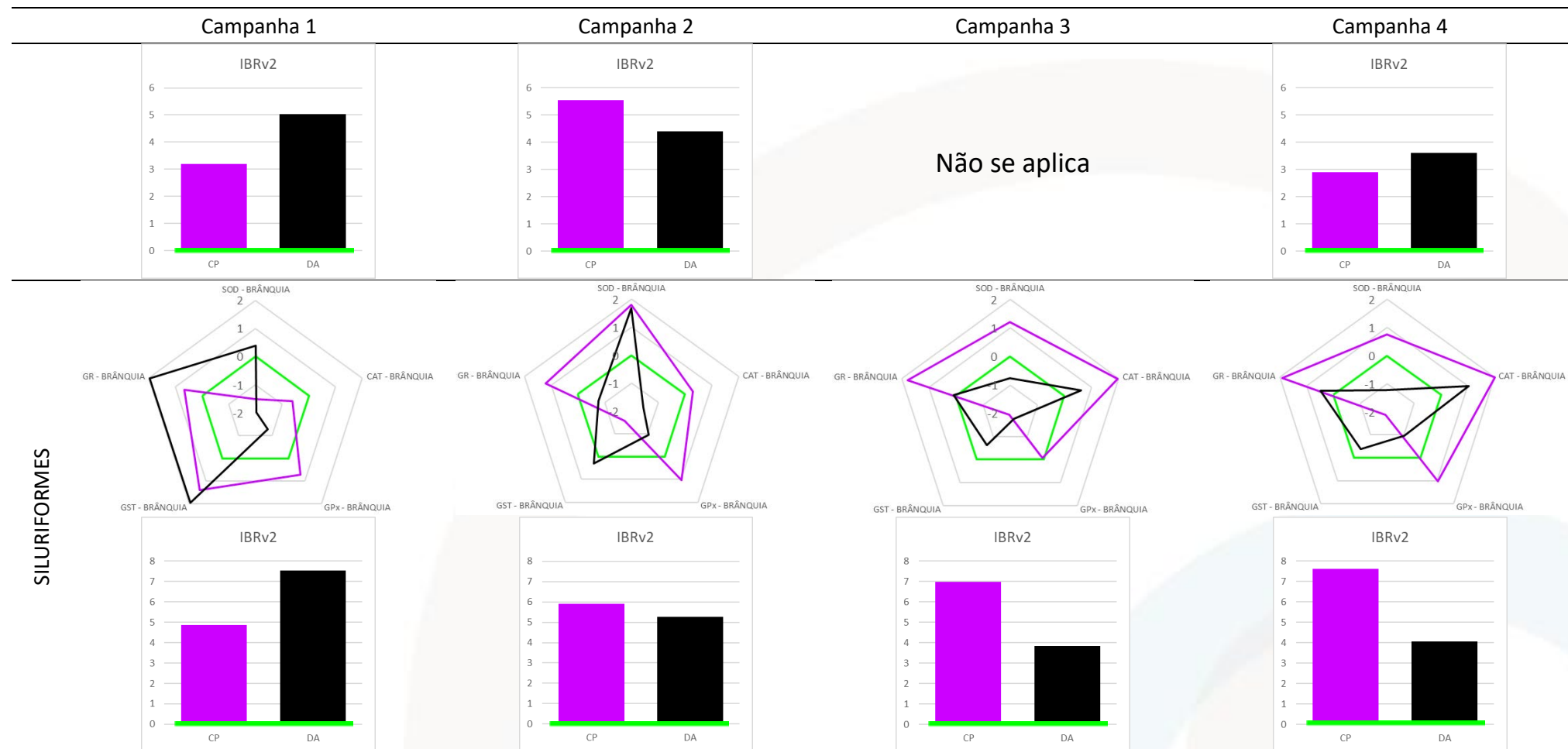
Quanto aos agrupamentos de acordo com os hábitos alimentares, os peixes detritívoros, avaliados em todos os pontos apenas na 2ª e na 4ª campanha, apresentaram maior valor de IBRv2 no ponto DA na 2ª campanha e no ponto CP na 4ª campanha. Importante ressaltar que na 2ª campanha todos os biomarcadores avaliados na integração, para este agrupamento, ou seja, SOD, CAT, GPx e GST, apresentaram suas atividades aumentadas em relação à CN, ao passo que na 4ª campanha todas estiveram reduzidas, com maior expressividade na redução observada para a SOD e GPx, indicando que os peixes detritívoros foram afetados de maneira oposta nestas duas campanhas, sendo a 2ª referente ao período chuvoso e a 4ª referente ao período seco. Os peixes ictiófagos, por sua vez, foram avaliados em todas as campanhas, e, apresentaram maior valor de IBRv2 no ponto DA na 1ª e na 4ª campanha, embora na 1ª campanha este valor tenha sido bastante semelhante ao IBRv2 do ponto CP, enquanto na 2ª e na 3ª o maior valor foi observado no ponto CP. Exceto na 3ª campanha, na qual CP apresentou aumento da atividade da GST, nas demais campanhas e biomarcadores avaliados na integração (CAT, GPx, GST e GR) o ponto CP apresentou redução. De maneira similar os peixes ictiófagos de DA também apresentaram redução nos biomarcadores avaliados, com exceção da GR que apresentou atividade aumentada e da GPx que não apresentou alteração, ambas na 1ª campanha, e da GST que esteve aumentada na 3ª campanha. Já os invertívoros bentônicos, avaliados apenas na 1ª, 2ª e 4ª campanha, apresentaram maior valor de IBRv2 no ponto CP na 1ª e na 2ª campanha, ao passo que na 4ª campanha o maior valor foi observado no ponto DA. Na 1ª campanha nota-se que tanto CP, quanto DA apresentaram aumento da atividade das enzimas CAT, GPx e GST, ao passo que

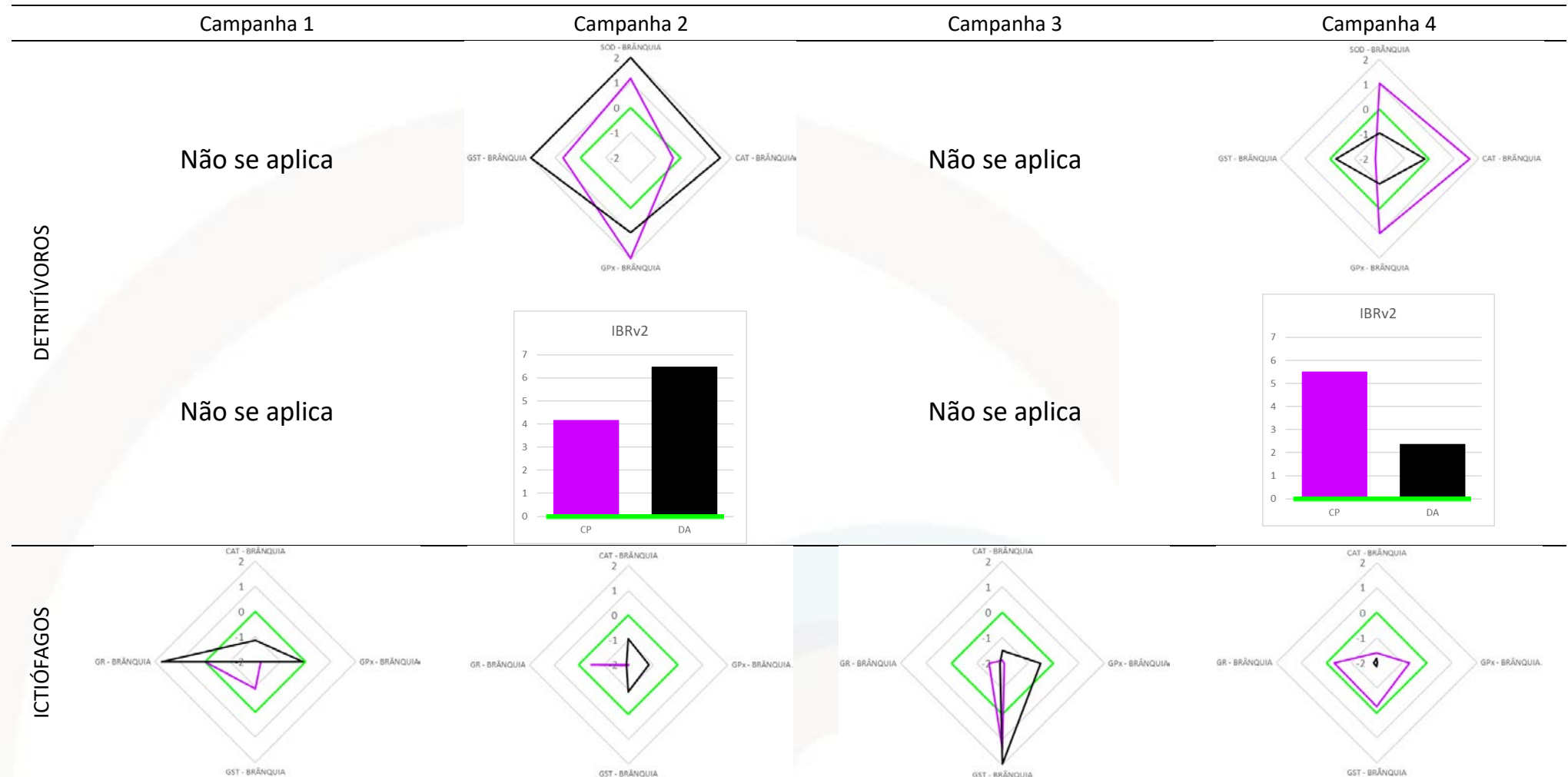
em DA não houve alteração da SOD e em CP a atividade desta enzima esteve reduzida. Já na 2ª campanha, exceto a atividade da GPx que não se apresentou alterada, em CP os demais biomarcadores avaliados na integração (SOD, CAT e GST) apresentaram redução em sua atividade, ao passo que em DA a SOD esteve aumentada, a CAT não apresentou alteração e a GPx e a GST estiveram com suas atividades reduzidas, por fim, na 4ª campanha, CP e DA apresentaram aumento da atividade da CAT e redução da SOD e da GST, enquanto a GPx esteve diminuída em DA e aumentada em CP. Assim, em ambos os pontos e campanhas avaliadas, observa-se que os peixes de hábito alimentar invertívoro bentônico apresentaram alterações nos sistemas antioxidante e de biotransformação, inclusive, em algumas campanhas e para alguns biomarcadores estas alterações foram semelhantes.

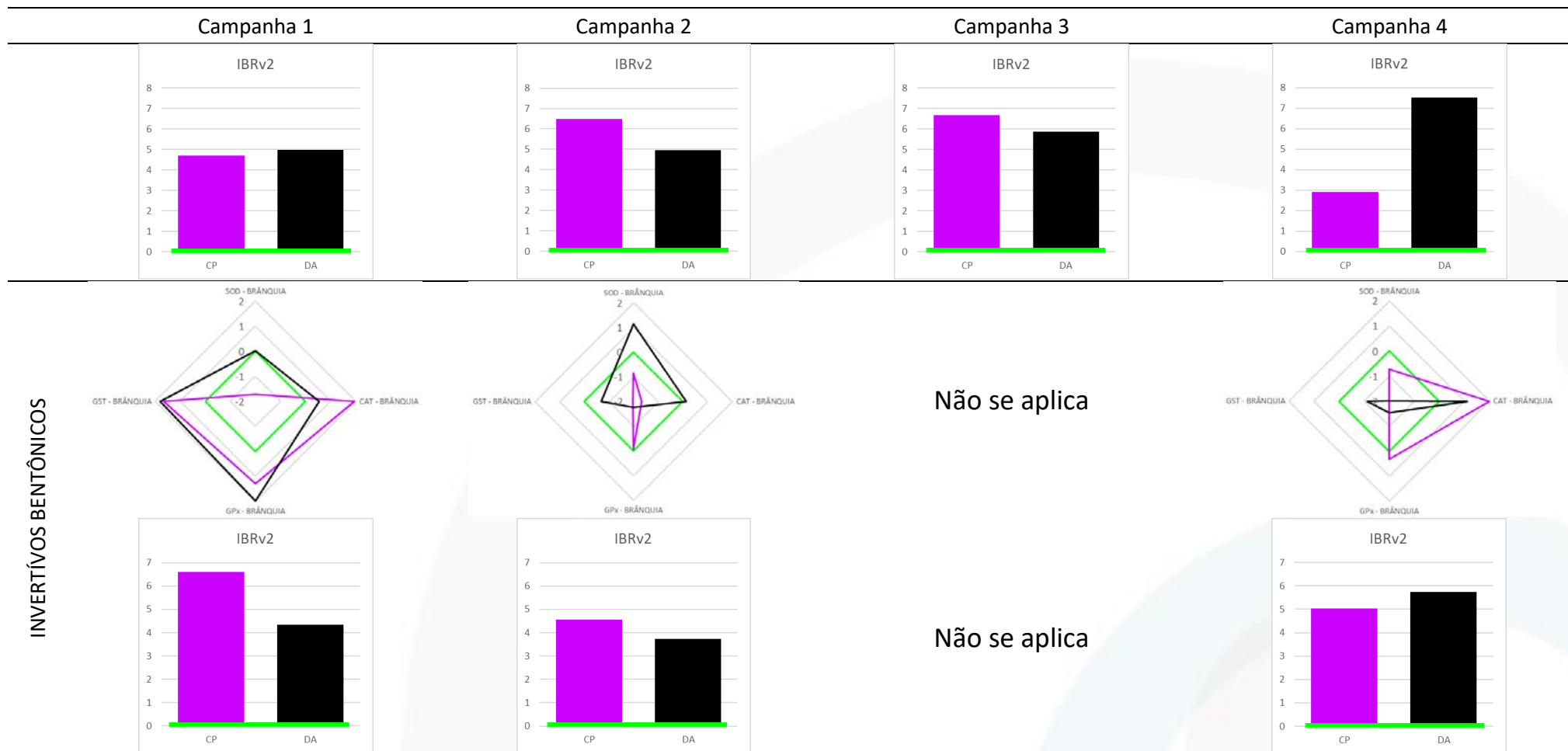


Tabela 58. Índice integrado de Respostas dos Biomarcadores (IBRv2) enzimáticos dos sistemas antioxidante e de biotransformação de tecido branquial dos peixes dos pontos amostrais CN, CP e DA do compartimento 3, comparação entre os pontos em cada uma das campanhas amostrais.









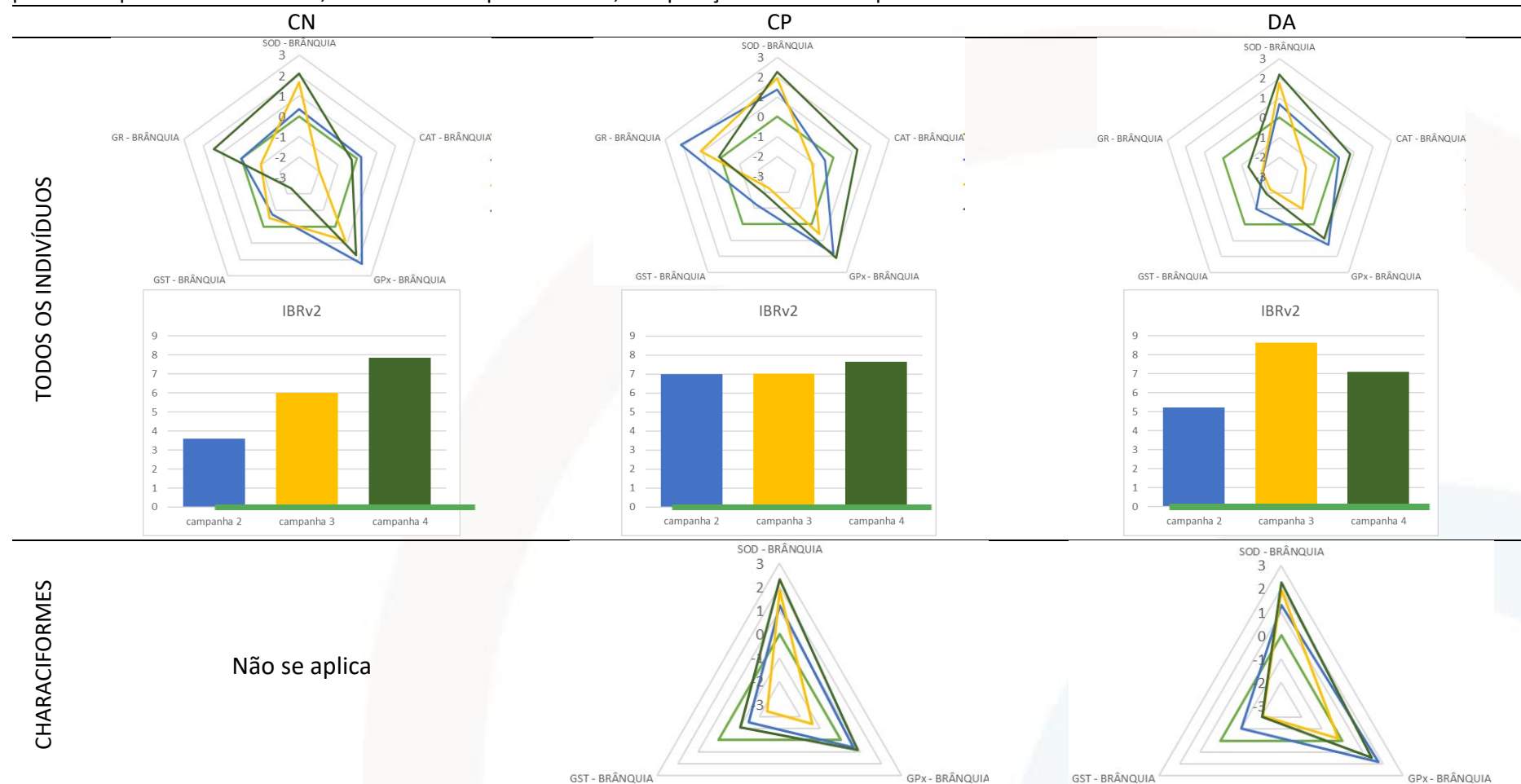
Não se aplica: indica que o IBRv2 não foi aplicado no agrupamento seja por ausência ou insuficiência de **n** amostral na campanha em questão.

Para cada agrupamento (todos os indivíduos, Characiformes, Siluriformes, detritívoros, 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.

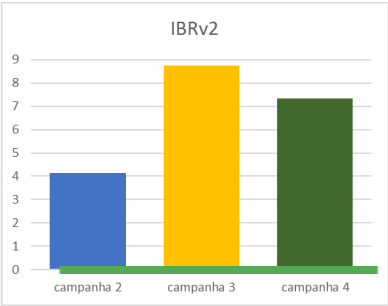
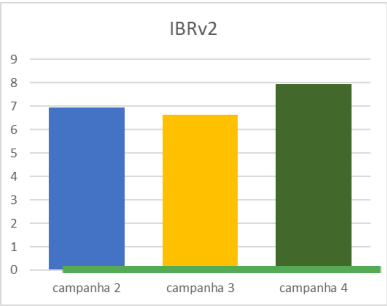
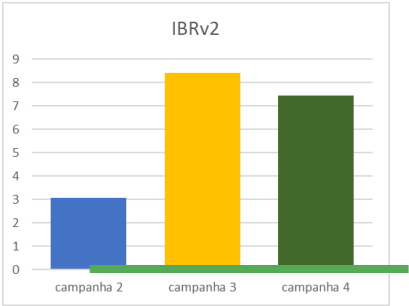
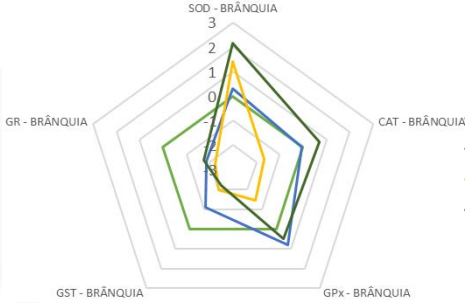
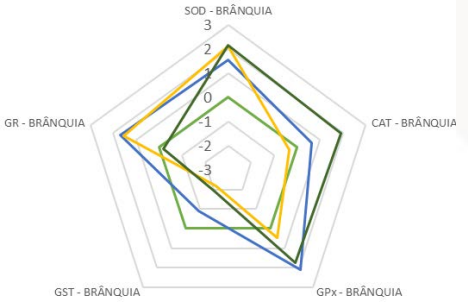
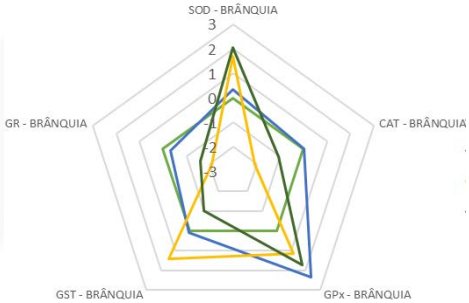
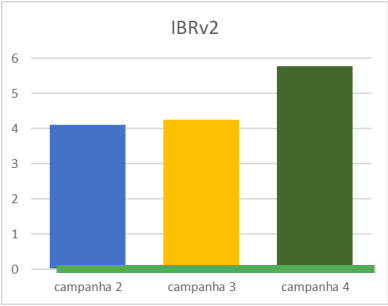
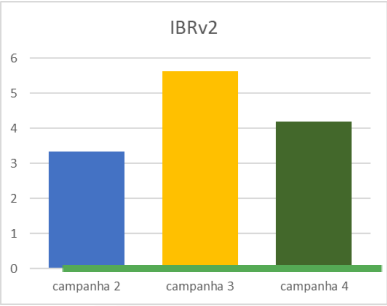
SOD - BRÂNQUIA: superóxido dismutase em tecido branquial; CAT - BRÂNQUIA: catalase em tecido branquial; GPx - BRÂNQUIA: glutathione peroxidase em tecido branquial; GST - BRÂNQUIA: glutathione S-transferase em tecido branquial; GR - BRÂNQUIA: glutathione redutase em tecido branquial.

Avaliando a diferença entre as campanhas para cada um dos diferentes pontos amostrais (Tabela 59), quando considerado em conjunto todos os peixes coletados observou-se que no ponto CN o valor de IBRv2 aumentou ao longo das campanhas, no ponto CP o valor de IBRv2 esteve maior em relação à 1ª campanha em todas as demais campanhas, com o maior valor sendo observado na 4ª campanha, no ponto DA, por sua vez, o maior valor de IBRv2 foi encontrado na 3ª campanha, seguido da 4ª e da 2ª. Peixes da ordem Characiformes não foram avaliados em todas as campanhas no ponto CN, já no ponto CP observou-se que esta ordem apresentou o maior IBRv2 na campanha 3, seguido da 4 e da 2, enquanto no ponto DA as campanhas 2 e 3 apresentaram valores de IBRv2 semelhantes entre si, e menores do que o IBRv2 da 4ª campanha. Os peixes da ordem Characiformes tanto do ponto CN, quanto do ponto DA apresentaram comportamento semelhante nos IBRv2 das campanhas, sendo o maior valor de IBRv2 observado na campanha 3, seguido da campanha 4, enquanto o menor valor foi observado na campanha 2, já o ponto CP apresentou o maior valor de IBRv2 na 4ª campanha, seguido da campanha 2 e da campanha 3, respectivamente. Em relação aos agrupamentos de acordo com os hábitos alimentares, peixes detritívoros foram coletados em todas as campanhas apenas no ponto CP, e neste caso, apresentaram maior valor de IBRv2 na 4ª campanha, seguido da 2ª e da 3ª, respectivamente. Peixes ictiófagos foram coletados em todas as campanhas e em todos os pontos no compartimento 3, neste agrupamento, no ponto CN foi observado aumento do IBRv2 com o passar das campanhas, sendo o maior valor observado na campanha 4, enquanto nos pontos CP e DA o maior valor foi observado na 3ª campanha, seguido da 2ª e da 4ª, respectivamente, no ponto CP e da 4ª e da 2ª, respectivamente, no ponto DA. O último agrupamento avaliado neste compartimento foi o dos peixes de hábito alimentar invertívoro bentônico, apenas coletados em todas as campanhas no ponto CN, os quais apresentaram um padrão de IBRv2 semelhante ao observado para os ictiófagos deste mesmo ponto, com aumento ao longo das campanhas.

Tabela 59. 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 3, comparação entre as campanhas.



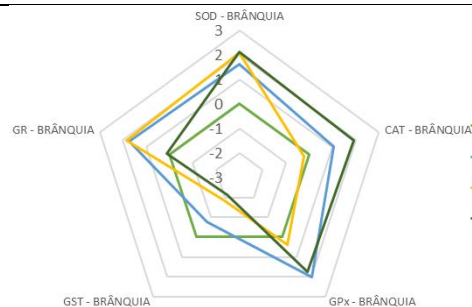
Não se aplica



SILURIFORMES

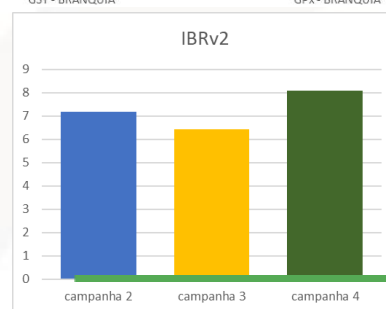
DETRITÍVOROS

Não se aplica



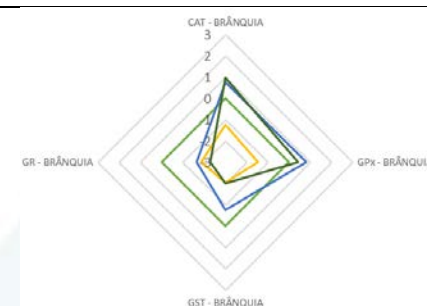
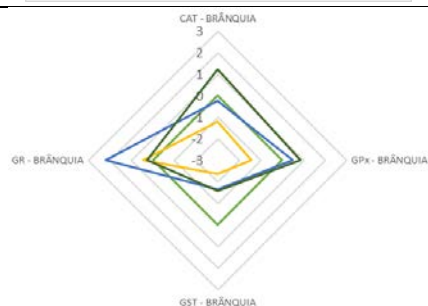
Não se aplica

Não se aplica

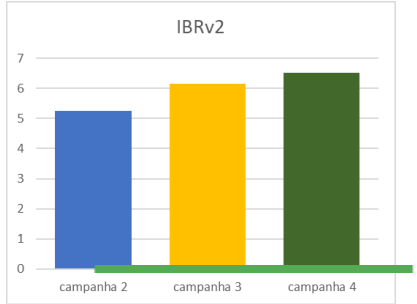
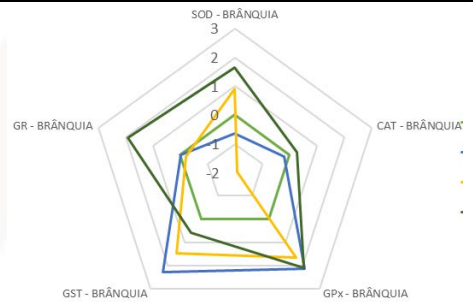
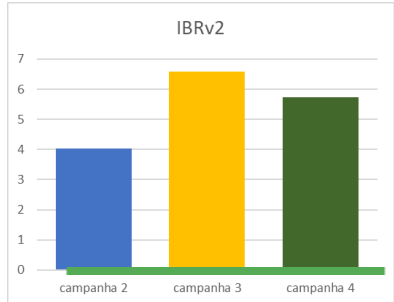
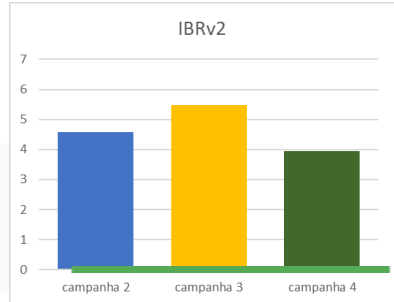
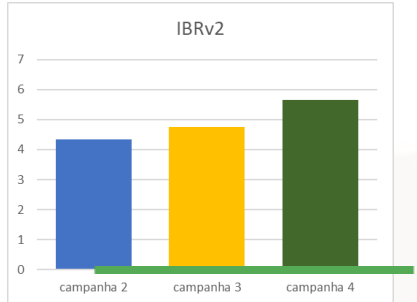


Não se aplica

ICTIÓFAGOS



INVERTÍVOROS



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 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.

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

Ao avaliarmos a integração dos biomarcadores relacionados aos sistemas antioxidante e de biotransformação hepáticos, e considerando todos os peixes capturados no compartimento 3, nota-se que na 1ª, na 3ª e na 4ª campanha (Tabela 60) o ponto DA foi o que apresentou as maiores diferenças nas respostas dos biomarcadores em relação às respostas observadas no ponto CN, o que pode ser constatado pelo maior valor de IBRV2, embora na 4ª campanha o valor de IBRV2 do ponto DA tenha sido bastante semelhante ao valor observado para o ponto CP. Destaca-se na 1ª campanha o aumento das atividades da SOD, GPx e GST e a diminuição da atividade da CAT, tanto em CP, quanto em DA, no entanto, em DA observou-se ainda uma expressiva redução na atividade da GR. Já na 2ª campanha, observa-se que CP e DA apresentaram aumento da SOD e da GPx, bem como diminuição da CAT e da GST, embora no geral estas alterações tenham sido mais expressivas em CP. Na 3ª campanha as únicas respostas semelhantes entre CP e DA foram o aumento da atividade da CAT e a redução da atividade da GPx, ao passo que em CP ainda houve a diminuição da GST e em menor intensidade da SOD e ao aumento da GR, enquanto em DA a SOD e a GST estiveram aumentadas e a GR não apresentou alteração. Por fim, destaca-se que o maior prejuízo aos sistemas antioxidante e de biotransformação hepáticos ocorreu na 4ª campanha, tanto em CP quanto em DA, uma vez que a exceção da GR que esteve aumentada em CP, todos os biomarcadores avaliados estiveram reduzidos nesta campanha, indicando que estes sistemas estão possivelmente falhando na defesa do tecido contra os danos oxidativos e contra a presença de metabólitos tóxicos.

Quando agrupados os peixes de acordo com sua ordem, observa-se que os Characiformes apresentaram maior valor IBRV2 no ponto CP apenas na campanha 4, ao passo que nas demais campanhas o maior valor foi observado no ponto DA. Neste agrupamento destaca-se que em DA, na 1ª campanha, houve aumento da atividade da SOD, GST e GR, associado à redução na atividade da CAT, já na 2ª e 3ª expressivo aumento da atividade da SOD e da CAT, associado à também expressiva redução da GST e da GR, por fim, na 4ª campanha, embora CP tenha apresentado o maior valor de IBRV2, nota-se que tanto em CP quanto em DA as atividades das enzimas integradas nesta análise (SOD, CAT, GST e GR) apresentaram redução em suas atividades. Desta forma, nota-se que em DA, na 2ª e 3ª campanhas há uma ativação do sistema antioxidante, ao passo que o sistema de biotransformação está sendo prejudicado, o que possivelmente se dê pelo período amostral ser o chuvoso, com maior ressuspensão dos contaminantes presentes no leito do rio, o que reflete no aumento da biodisponibilidade dos mesmos e no aumento da produção de EROs pelos organismos a eles expostos, já na 4ª campanha, nota-se que também o sistema antioxidante está sendo prejudicado, indicando que o mesmo não está exercendo sua função de defesa contra as EROs.

Nos peixes da ordem Siluriformes apenas na 3ª campanha o maior valor foi observado no ponto DA, enquanto nas demais campanhas o maior valor foi observado no ponto CP. Ainda assim, destaca-se que em DA, em todas as campanhas, foi observado o aumento da atividade da SOD, ao passo que os demais biomarcadores avaliados na integração (CAT, GST e GR) apresentaram comportamentos distintos em cada uma das campanhas. Vale ressaltar que Characiformes e Siluriformes apresentaram respostas distintas, indicando que as diferentes ordens de peixes que compõem a comunidade ictiica são afetados de maneira distinta pelos contaminantes presentes no meio. Neste caso, no ponto DA, observa-se, numa avaliação geral das quatro campanhas amostrais, que os peixes da ordem Characiformes foram os que apresentaram as maiores alterações em relação ao ponto CN nas campanhas chuvosas (2ª e 3ª), ao passo que os Siluriformes apresentaram maiores alterações nas campanhas secas (1ª e 4ª), o que pode ser observado pelo valor de IBRV2. Tais respostas podem estar diretamente associadas às diferenças fisiológicas e comportamentais dos peixes destas diferentes ordens.

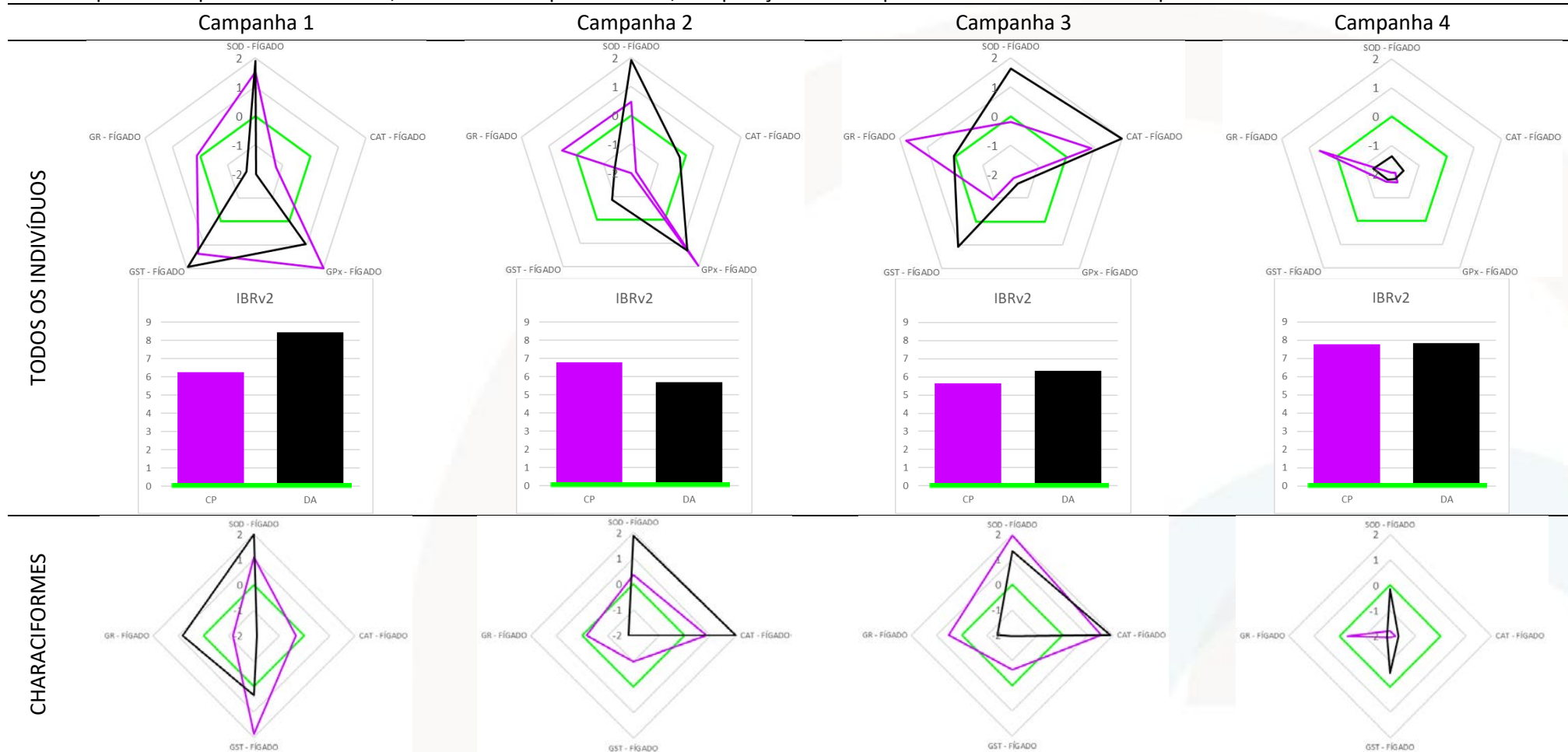
Nos agrupamentos de acordo com o hábito alimentar, observou-se que os peixes detritívoros, avaliados em todos os pontos apenas na 2ª e na 4ª campanha apresentaram maior valor de IBRV2 no ponto DA na 2ª campanha, e no ponto CP na 4ª campanha. Na 1ª campanha, em DA, nota-se que a atividade da CAT, GST e GR se encontram bastante reduzidas, enquanto a SOD apresenta aumento de sua atividade, enquanto em CP apesar da SOD também estar aumentada e a GST reduzida, a CAT e a GR apresentaram atividade similar ao ponto CN. Já na 4ª campanha observa-se que no ponto DA as alterações foram menos expressivas, uma vez que o IBRV2 esteve mais próximo de zero, ou seja, mais próximo ao do ponto CN.

Já os ictiófagos, assim como os Characiformes, apresentaram maior valor de IBRV2 no ponto CP apenas na 4ª campanha, sendo nas demais campanhas observado o maior IBRV2 no ponto DA. Neste agrupamento de peixes, observa-se, no ponto DA, que há uma ativação do sistema de biotransformação nas campanhas realizadas na estação seca, ou seja, nas campanhas 1 e 4, uma vez que nelas a atividade da GST esteve aumentada, em contrapartida, a CAT, uma enzima do sistema antioxidante, apresentou atividade aumentada nas campanhas 2 e 3, ou seja, nas campanhas realizadas no período chuvoso, indicando aumento da produção de H₂O₂ nestes peixes neste período, fato este que pode estar atrelado ao aumento da SOD observado na 2ª campanha, embora este aumento não tenha ocorrido também na 3ª campanha.

Por fim, os peixes de hábito alimentar invertívoro bentônico, os quais não foram avaliados em todos os pontos apenas na 3ª campanha, apresentaram maior valor de IBRV2 no ponto DA apenas na 4ª campanha, enquanto na 1ª e na 2ª campanha o maior valor foi observado no ponto CP. Na 1ª campanha observa-se padrão similar de respostas entre o ponto CP e o ponto DA, com aumento da atividade da SOD e da GST e diminuição da atividade da CAT em ambos os pontos. Já na 2ª campanha

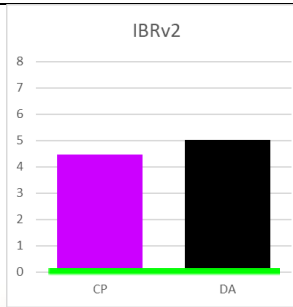
nota-se que em DA houve diminuição nas atividades enzimáticas dos biomarcadores avaliados na integração deste grupo (SOD, CAT, GPx e GST), no entanto, em CP a SOD, CAT e a GST apresentaram uma redução ainda mais expressiva em suas atividades, enquanto a GPx teve um aumento também bastante expressivo em sua atividade. Como maior alteração neste agrupamento de peixes, destaca-se a diminuição de todas as atividades enzimáticas integradas, tanto em CP, quanto em DA, na 4ª campanha, sendo nesta observado que em DA houve uma expressiva redução nas atividades em relação ao observado para os peixes de CN, mas também em relação aos peixes de CP, indicando grande prejuízo aos sistemas de biotransformação e antioxidante nestes peixes.

Tabela 60. Índice integrado de Respostas dos Biomarcadores (IBRv2) enzimáticos dos sistemas antioxidante e de biotransformação do tecido hepático dos peixes dos pontos amostrais CN, CP e DA do compartimento 3, comparação entre os pontos em cada uma das campanhas amostrais.

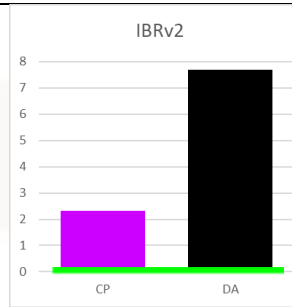




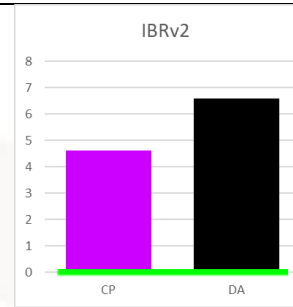
Campanha 1



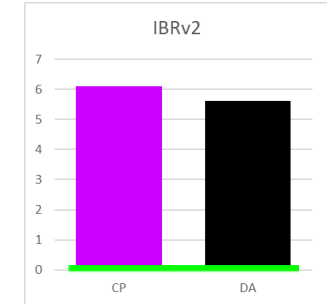
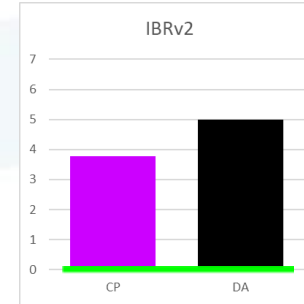
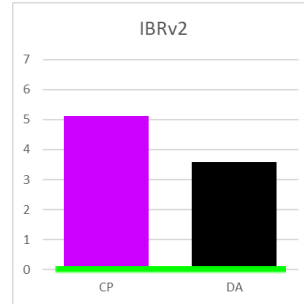
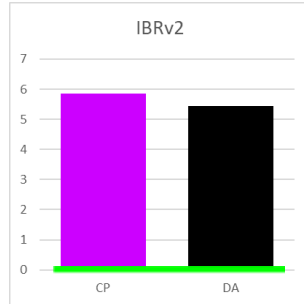
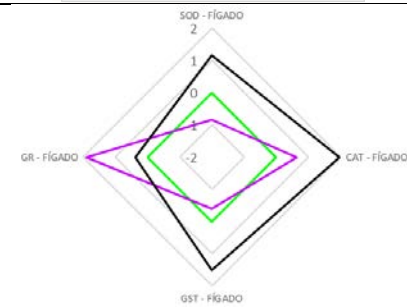
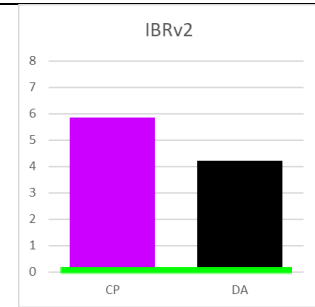
Campanha 2



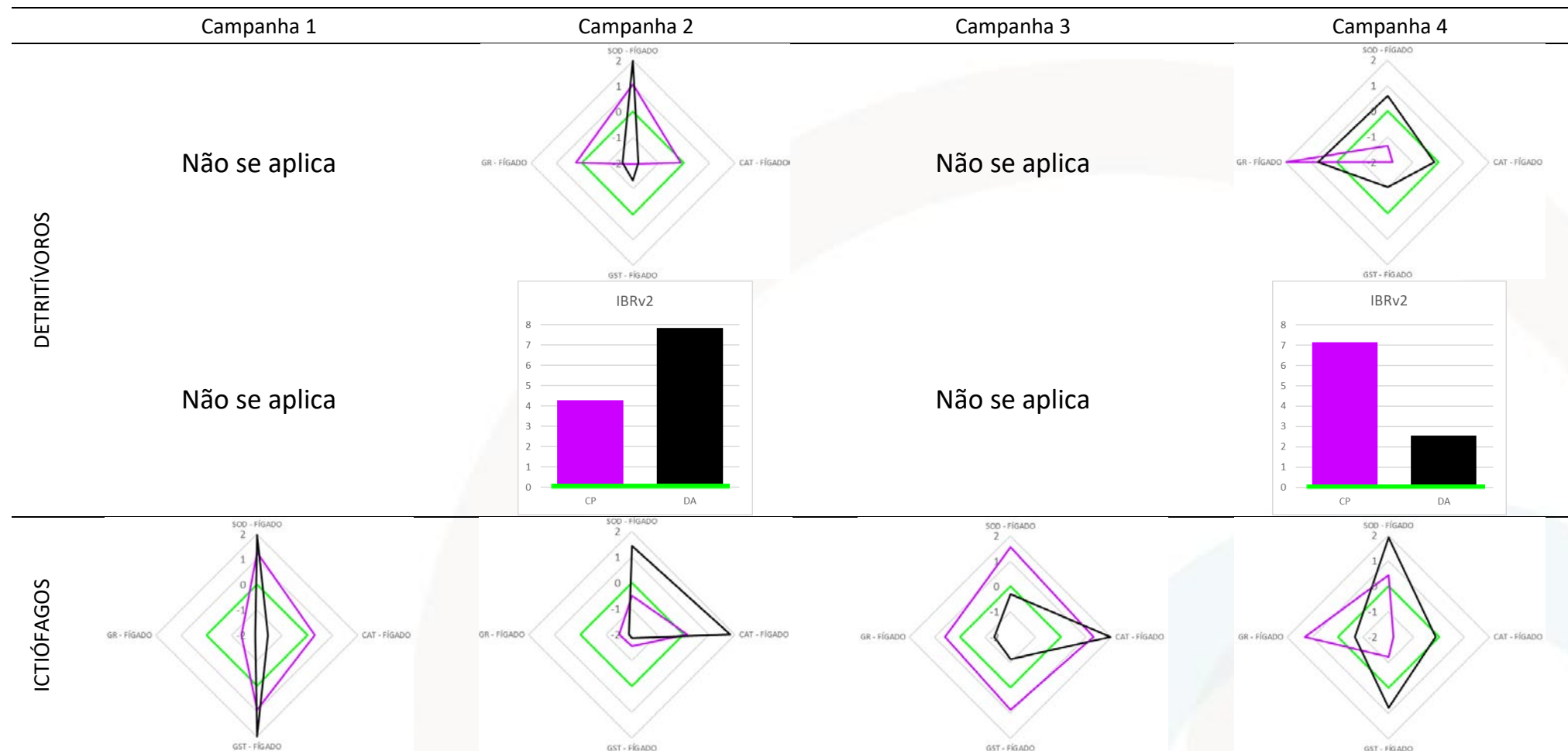
Campanha 3

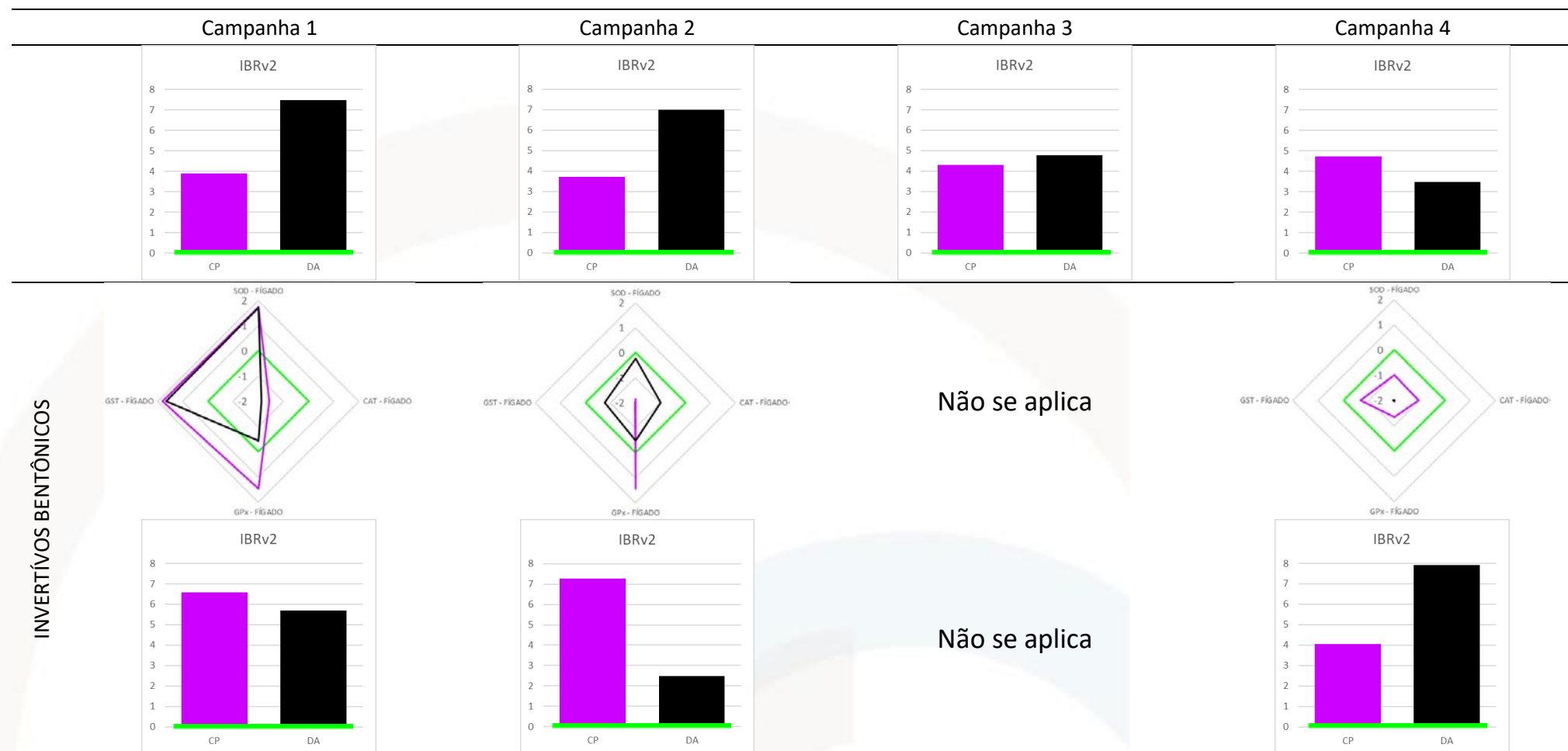


Campanha 4



SILURIFORMES





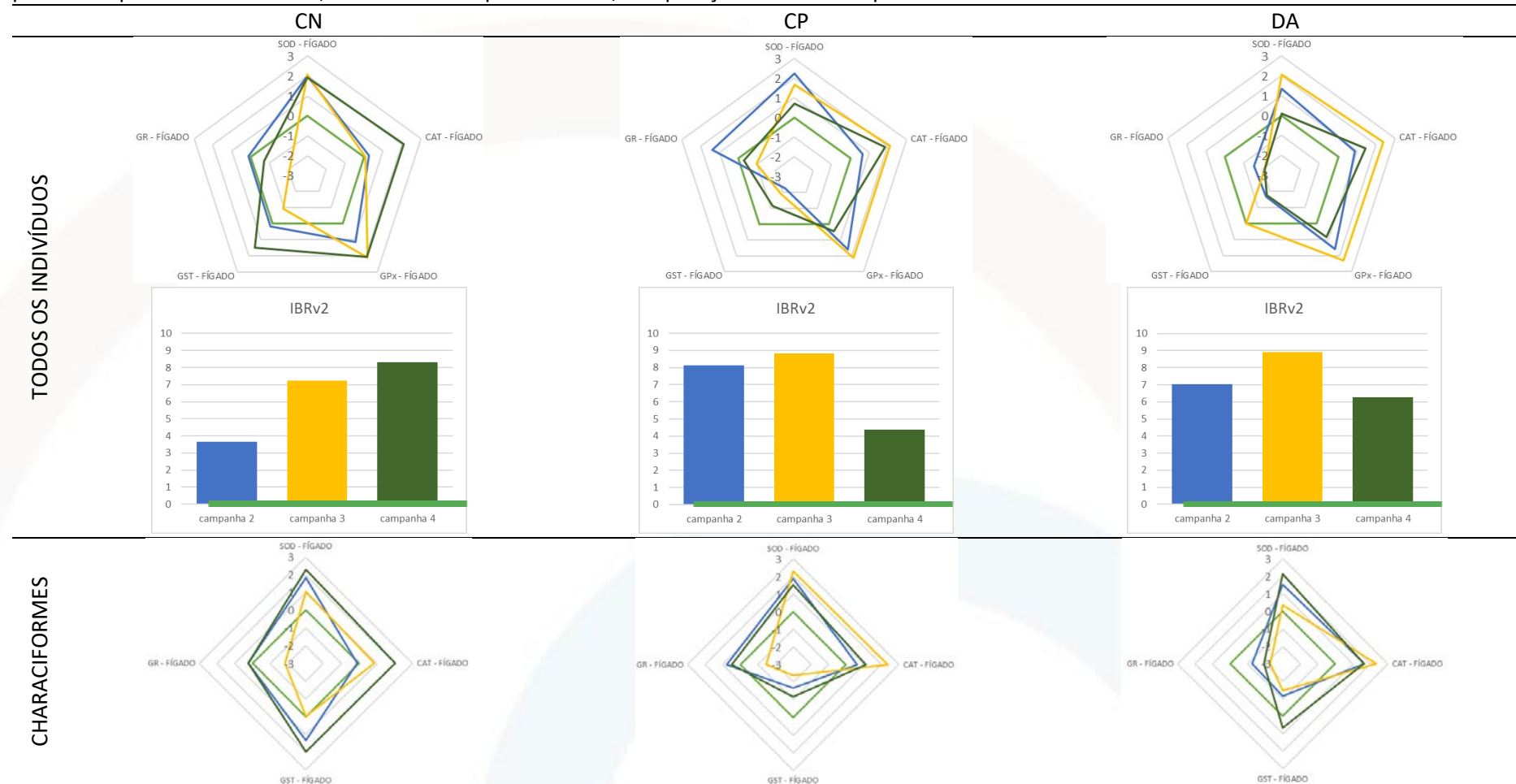
Não se aplica: indica que o IBRv2 não foi aplicado no agrupamento seja por ausência ou insuficiência de **n** amostral na campanha em questão.

Para cada agrupamento (todos os indivíduos, Characiformes, Siluriformes, detritívoros, 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.

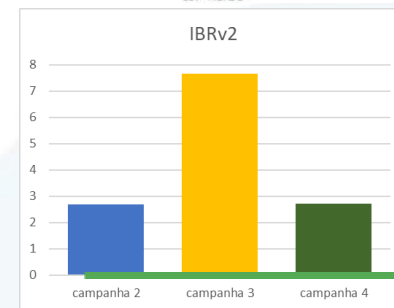
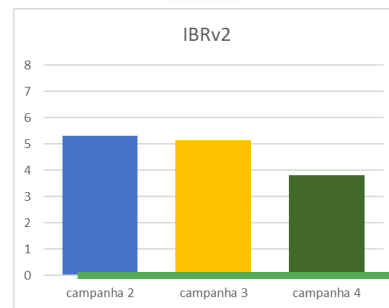
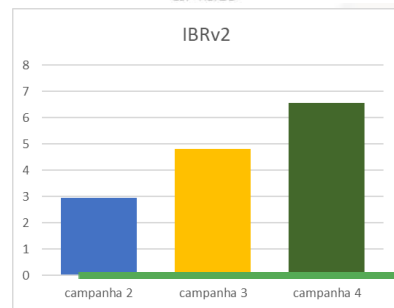
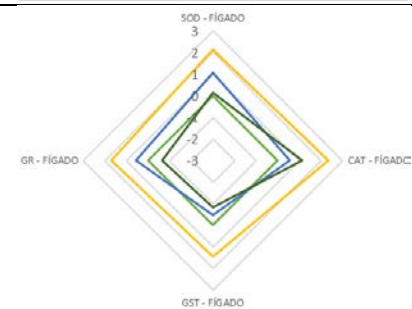
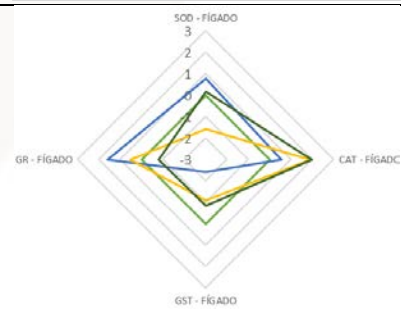
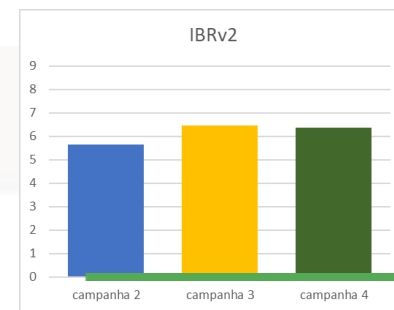
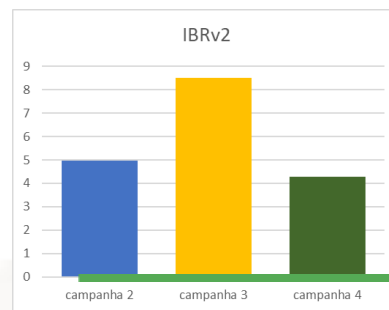
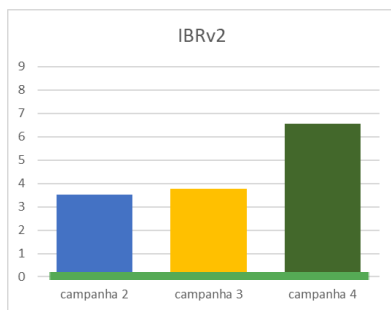
SOD - FÍGADO: superóxido dismutase em tecido hepático; CAT - FÍGADO: catalase em tecido hepático; GPx - FÍGADO: glutathione peroxidase em tecido hepático; GST - FÍGADO: glutathione S-transferase em tecido hepático; GR - FÍGADO: glutathione reductase em tecido hepático.

Ao tratar de cada um dos pontos amostrais individualmente e considerando todos os peixes amostrados no compartimento 3, observa-se que no ponto CN o valor de IBRv2 foi gradativamente aumentando ao longo das 4 campanhas, sendo o maior valor observado na 4ª campanha, ao passo que nos pontos CP e DA o maior IBRv2 foi observado na 3ª campanha, seguido da 2ª e da 4ª, respectivamente. Ao agruparmos apenas os peixes da ordem Characiformes nota-se que no ponto CN ainda houve aumento gradativo do IBRv2, como maior valor na 4ª campanha, embora a diferença entre a 2ª e a 3ª tenha sido reduzida, no ponto CP o maior IBRv2 foi encontrado na 3ª campanha, seguido da 2ª e da 4ª, respectivamente, e no ponto DA, embora o maior valor de IBRv2 tenha sido observado na 3ª campanha, este valor foi bastante aproximado ao valor observado na campanhas 2 e 4. Em relação aos peixes da ordem Siluriformes, no ponto CN, da mesma forma que nos agrupamentos tratados anteriormente, foi observado um aumento gradativo do valor de IBRv2 ao longo das campanhas, enquanto no ponto CP o maior IBRv2 foi observado na 2ª campanha, com redução neste valor nas campanhas subsequentes, por fim, no ponto DA, a 3ª campanha apresentou o maior IBRv2, sendo este expressivamente maior que o IBRv2 observado nas campanhas 2 e 4. Em relação aos agrupamentos de acordo com o hábito alimentar, observa-se que os peixes detritívoros, amostrados em todas as campanhas apenas no ponto CP, apresentaram maior valor de IBRv2 na 2ª campanha, com gradativa redução ao longo das demais campanhas. Os peixes ictiófagos, por sua vez, apresentaram, tanto no ponto CN, quanto nos pontos CP e DA, o maior IBRv2 na 3ª campanha, seguido da 4ª e da 2ª campanha, embora nestas duas campanhas os valores tenham sido bastante similares entre si. Por fim, o último hábito alimentar avaliado no compartimento 3 foi o invertívoro bentônico, o qual foi amostrado em todas as campanhas apenas no ponto CN, e neste caso, apresentou o maior IBRv2 na campanha 4 (Tabela 61).

Tabela 61. Índice integrado de Respostas dos Biomarcadores (IBRv2) enzimáticos dos sistemas antioxidante e de biotransformação do tecido hepático dos peixes dos pontos amostrais CN, CP e DA do compartimento 3, comparação entre as campanhas.



SILURIFORMES



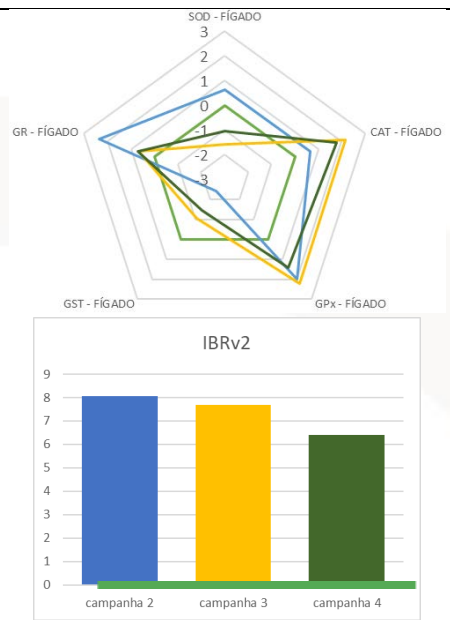
DETRITÍVOROS

Não se aplica

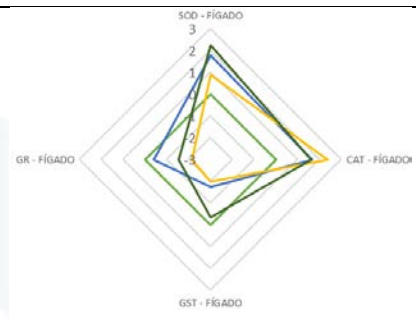
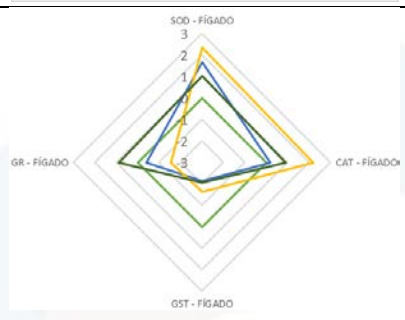
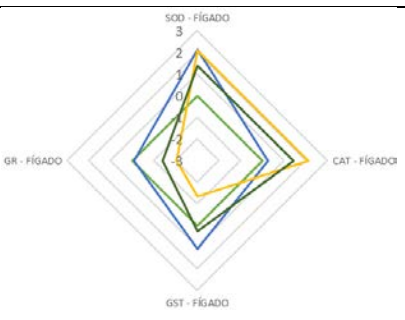
Não se aplica

Não se aplica

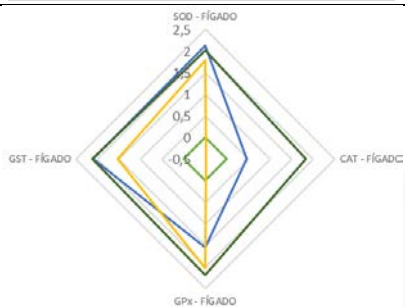
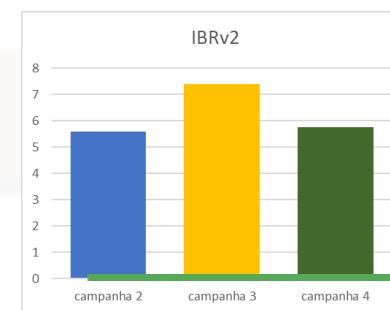
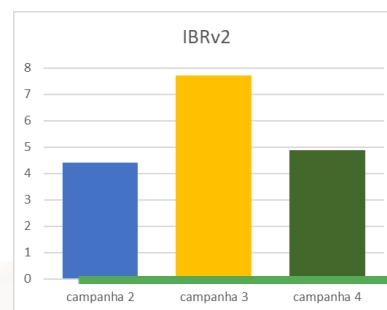
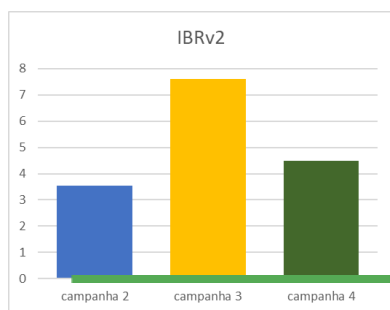
Não se aplica



ICTIÓFAGOS

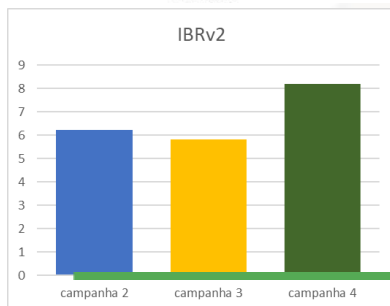


INVERTÍVOROS



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.

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.

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

Na integração dos biomarcadores não enzimáticos no tecido branquial dos peixes do compartimento 3, observa-se pela Tabela 62, quando considerados todos os indivíduos coletados, que na 1ª e 2ª campanha o ponto CP apresentou as maiores alterações em relação ao ponto CN (maior IBRv2), ao passo que na 3ª e na 4ª campanha o ponto DA foi o que apresentou as maiores alterações. Nota-se que a concentração de GSH esteve aumentada nos peixes de DA em todas as campanhas amostradas, enquanto a concentração de MT esteve aumentada na 2ª, 3ª e na 4ª campanha, dado que estas moléculas atuam na defesa do organismo contra as EROs e contra os EPTs que estejam chegando ao tecido, é plausível que não tenha sido observado o aumento da LPO em todas as campanhas, sendo este biomarcador observado em níveis maiores que o do ponto CN apenas na 3ª campanha. Já em relação ao ponto CP, observa-se que também houve aumento da GSH e da MT em algumas campanhas, porém, nestes peixes nota-se aumento mais da LPO na 3ª e na 4ª campanha.

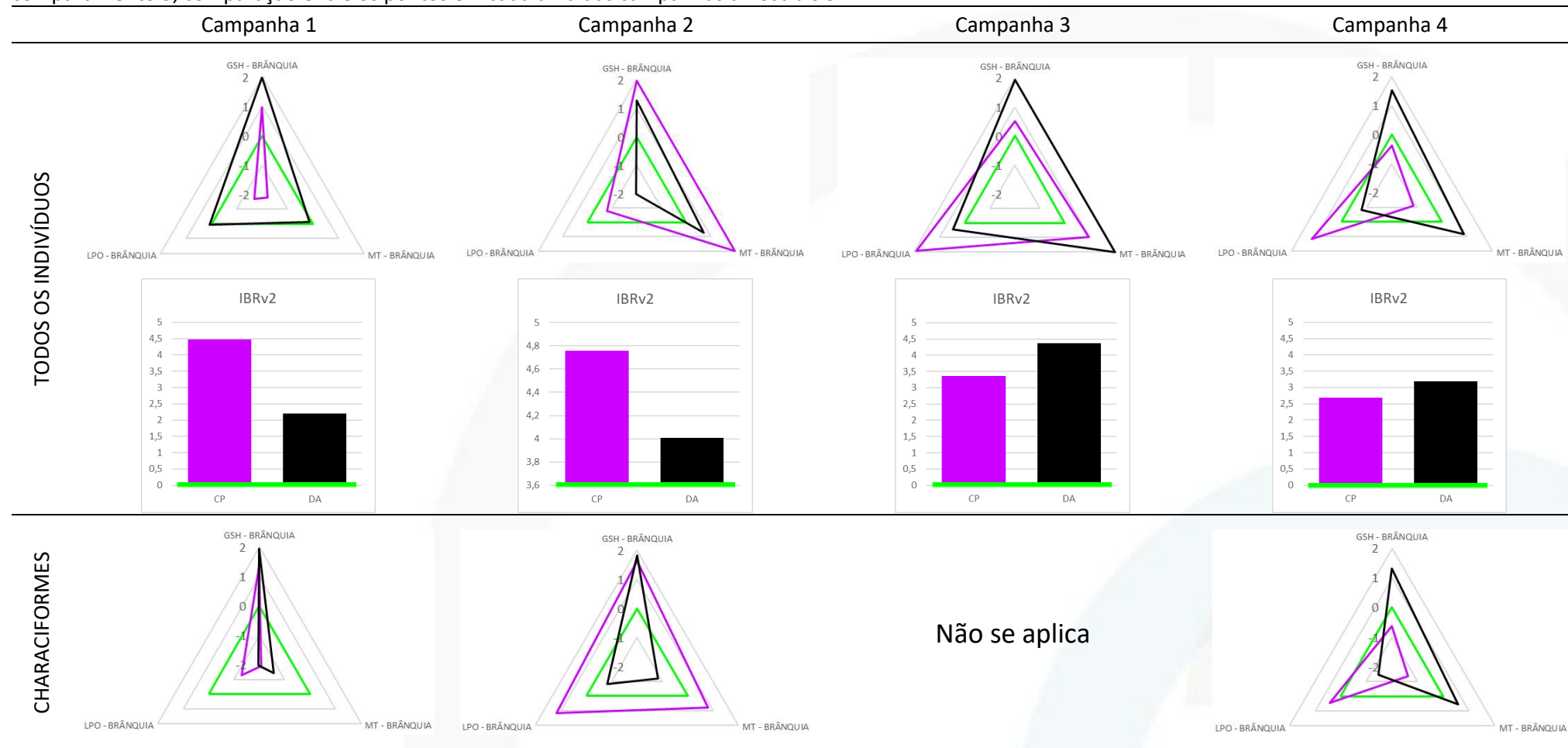
Os peixes da ordem Characiformes, os quais não foram avaliados em todos os pontos apenas na 3ª campanha, demonstram que o ponto DA apresentou IBRv2 maior que o ponto CP nas demais campanhas, ou seja, nas campanhas 1, 2 e 4. Similar ao observado para todos os peixes capturados no ponto DA neste compartimento, nota-se que também nos Characiformes a GSH esteve aumentada em todas as campanhas avaliadas, ao passo que a MT esteve aumentada apenas na 4ª campanha.

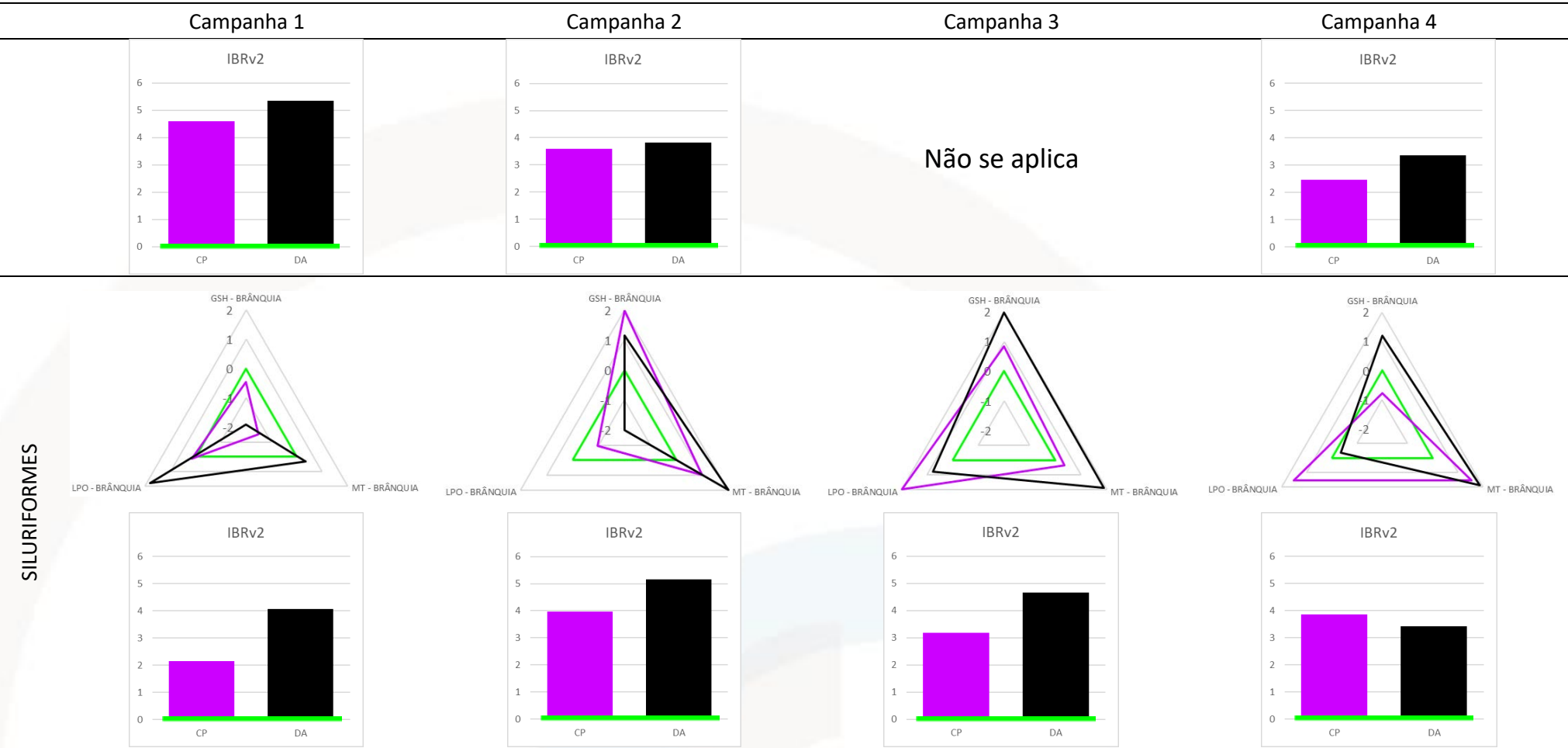
Similarmente, os peixes da ordem Siluriformes, apresentaram IBRv2 superior no ponto DA nas campanhas 1, 2 e 3, sendo apenas na campanha 4 observado valor de IBRv2 mais alto no ponto CP. Neste agrupamento destaca-se, para os peixe do ponto DA, que na 1ª campanha a concentração de GSH esteve reduzida em relação à concentração observada em CN, no entanto nas demais campanhas houve aumento da concentração deste biomarcador, já a concentração de MT esteve aumentada em todas as campanhas amostrais, embora com menor expressividade na 1ª campanha. Ainda, nota-se que na 1ª campanha, na qual foi observado o menor valor de GSH e de MT entre as campanhas, foi observado um valor expressivamente maior de LPO em relação ao observado nos pontos CN e CP.

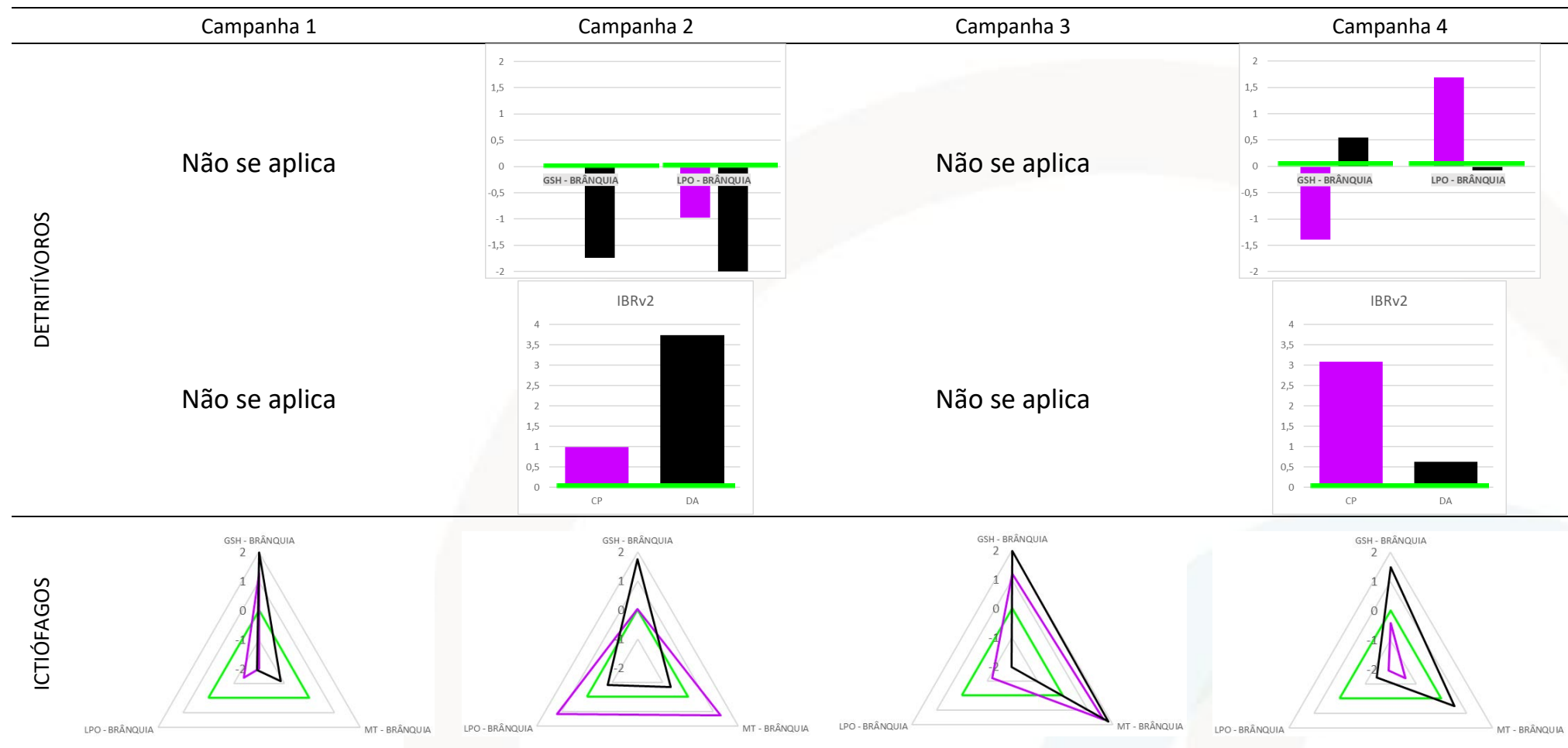
Quando aos hábitos alimentares, nota-se que os peixes detritívoros foram amostrados em todos os pontos deste compartimento apenas nas campanhas 2 e 4, sendo na 2 observado o maior IBRv2 no ponto DA, enquanto na 4 isto ocorreu no ponto CP, sendo neste ponto observado um expressivo aumento da LPO em relação ao observado no ponto CN. Os peixes ictiófagos por sua vez, assim como os peixes da ordem Siluriformes, apresentaram maior valor de IBRv2 no ponto DA nas três primeiras campanhas, enquanto o ponto CP apresentou o maior IBRv2 apenas na 4ª campanha. Nestes peixes, no ponto DA, também foi observado o aumento da concentração de GSH em todas as campanhas, enquanto a LPO esteve menor do que o observado para o ponto CN em todas as campanhas, já a concentração de MT se apresentou elevada na 3ª e na 4ª campanha. Por fim, os peixes

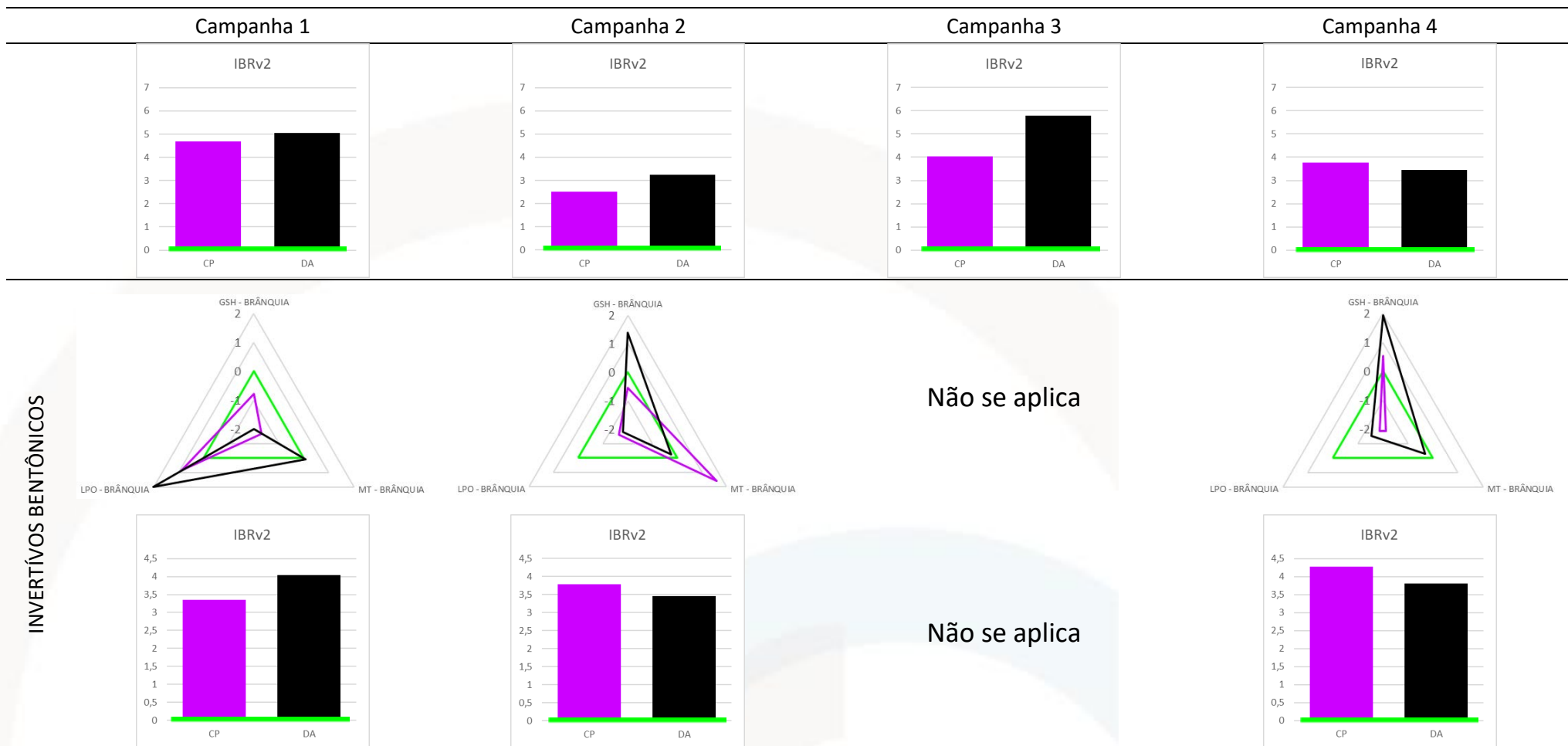
de hábito alimentar invertívoro bentônico, os quais não foram amostrados em todos os pontos na 3ª campanha, apresentaram IBRV2 superior no ponto DA na 1ª campanha, e no ponto CP na 2ª e na 4ª campanha. De maneira semelhante ao observado nos peixes Siluriformes e de maneira oposta aos demais agrupamentos, no ponto DA, na 1ª campanha, os peixes invertívoros bentônicos apresentaram a concentração de GSH reduzida em relação ao observado no ponto CN, enquanto a LPO esteve aumentada, já na 2ª e na 4ª campanha ocorre o inverso, com a GSH aumentada e a LPO reduzida. Assim, os resultados observados nos biomarcadores dos peixes invertívoros bentônicos indicam que na 1ª campanha as defesas antioxidantes não foram suficientes para evitar o dano às membranas lipídicas no tecido branquial destes peixes, o que pode inclusive ter sido favorecido pela expressiva redução da GSH, uma vez que esta molécula atua de maneira ativa na remoção de EROs e também como cofator enzimático de outras enzimas que atuam também no sistema antioxidante, já na 2ª e na 4ª campanha há indícios de recuperação do sistema antioxidante, observado pelo aumento da concentração de GSH, auxiliando no combate às EROs, o que pode ser evidenciado pela redução da LPO nestas campanhas.

Tabela 62. Índice integrado de Respostas dos Biomarcadores (IBRv2) não-enzimáticos de tecido branquial dos peixes dos pontos amostrais CN, CP e DA do compartimento 3, comparação entre os pontos em cada uma das campanhas amostrais 3.









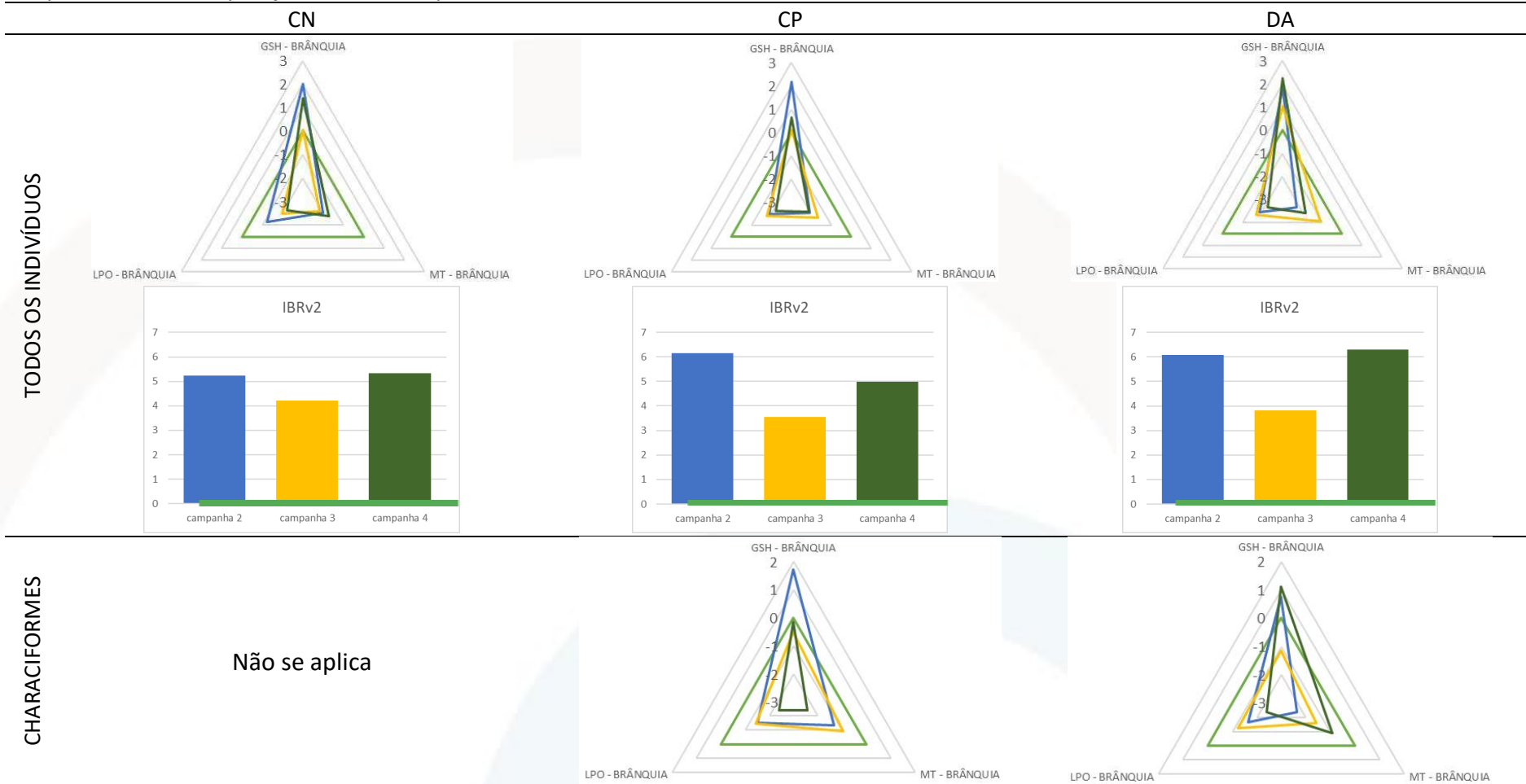
Não se aplica: indica que o IBRv2 não foi aplicado no agrupamento seja por ausência ou insuficiência de **n** amostral na campanha em questão.

Para cada agrupamento (todos os indivíduos, Characiformes, Siluriformes, detritívoros, 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.

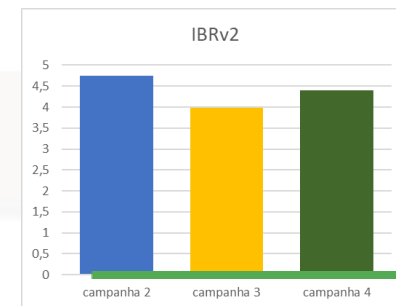
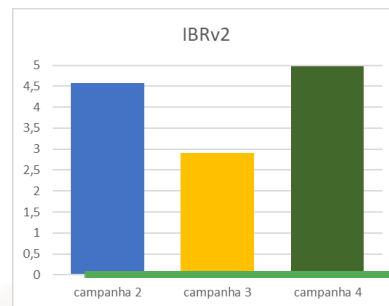
LPO - BRÂNQUIA: peroxidação lipídica em tecido branquial; GSH - BRÂNQUIA: concentração de glutatona reduzida em tecido branquial; MT - BRÂNQUIA: concentração de metalotioneínas em tecido branquial.

Avaliando cada um dos pontos amostrais de acordo com as respostas dos animais em cada uma das campanhas, observa-se que quando considerados todos os peixes coletados neste compartimento, os três pontos amostrais, ou seja, CN, CP e DA, apresentaram os maiores valores de IBRv2 nas campanhas 2 e 4, com a diferença mais expressiva entre elas sendo observada apenas no ponto CP. Os peixes Characiformes não foram avaliados em todas as campanhas no ponto CN, porém, no ponto CP observou-se que o maior IBRv2 aconteceu na campanha 4, seguido da campanha 2 e da campanha 3, respectivamente, enquanto no ponto DA os valores de IBRv2 foram mais semelhantes entre as campanhas 2, 3 e 4, sendo o maior valor observado na campanha 2, seguido da campanha 4 e da campanha 3, respectivamente. Os Siluriformes do ponto CN, por sua vez, apresentaram valor elevado de IBRv2 na campanha 4, sendo os valores das campanhas 2 e 3 semelhantes entre si, no ponto CP, os peixes desta ordem apresentaram maior IBRv2 na campanha 2, sendo os IBRv2 das campanhas 3 e 4 semelhantes entre si, e por fim, no ponto DA o maior IBRv2 foi observado na campanha 4, seguida da campanha 2 e da campanha 3, respectivamente. Os peixes de hábito alimentar detritívoro foram avaliados em todas as campanhas apenas no ponto CP, e neste ponto o maior IBRv2 foi observado na campanha 2, com decréscimo gradativo nas campanhas subsequentes. Os ictiófagos, por sua vez, apresentaram, no ponto CN as maiores alterações (maior IBRv2) em relação à 1ª campanha, na 2ª campanha, seguida da 4ª e da 3ª campanha, respectivamente, no ponto CP as maiores alterações ocorreram na 4ª campanha, seguida da 2ª e da 1ª campanha, respectivamente, enquanto no ponto DA os valores de IBRv2 foram semelhantes entre a 2ª, a 3ª e a 4ª campanha, com o maior valor sendo observado na 3ª campanha. Por fim, o último hábito alimentar avaliado neste compartimento foi o invertívoro bentônico, o qual apenas foi amostrado em todas as campanhas no ponto CN, neste ponto, o maior IBRv2 foi encontrado na 3ª campanha, enquanto na 2ª e na 4ª campanha os valores de IBRv2 foram semelhantes entre si (Tabela 63).

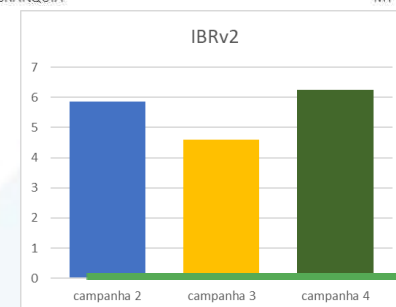
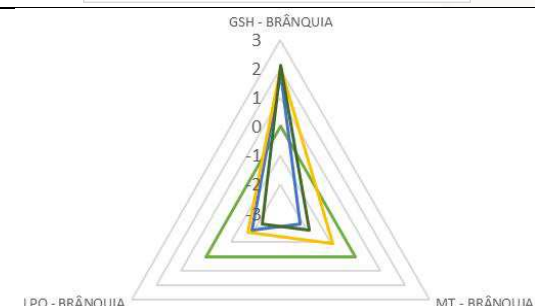
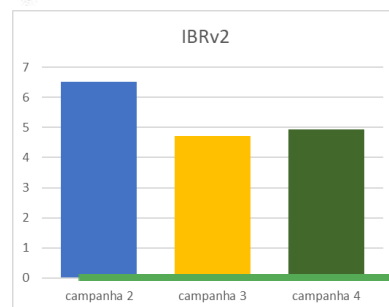
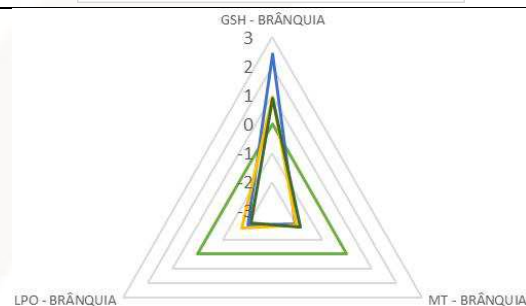
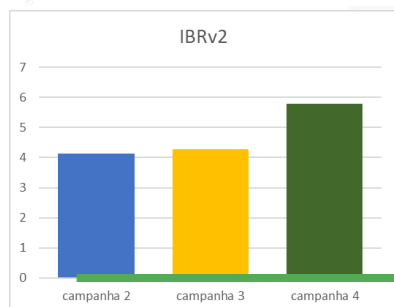
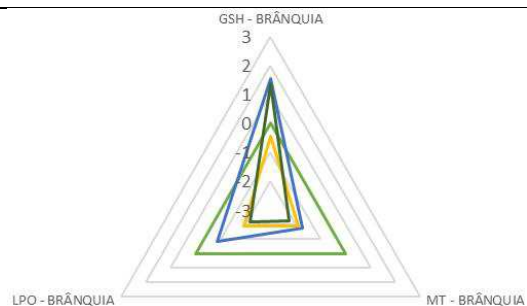
Tabela 63. Índice integrado de Respostas dos Biomarcadores (IBRv2) não-enzimáticos de tecido branquial dos peixes dos pontos amostrais CN, CP e DA do compartimento 3, comparação entre as campanhas.



Não se aplica



SILURIFORMES



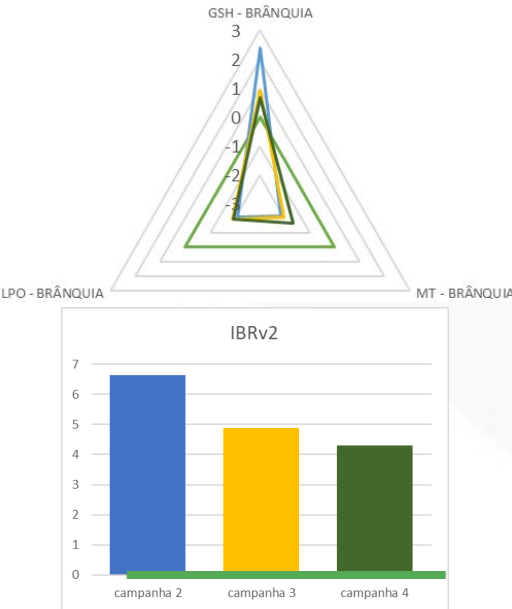
DETRITÍVOROS

Não se aplica

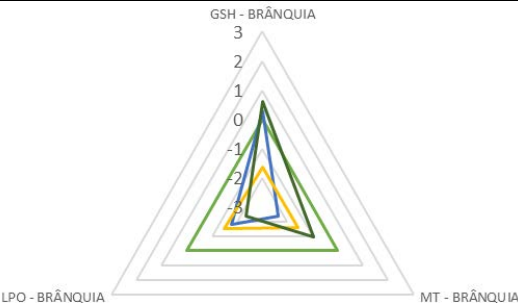
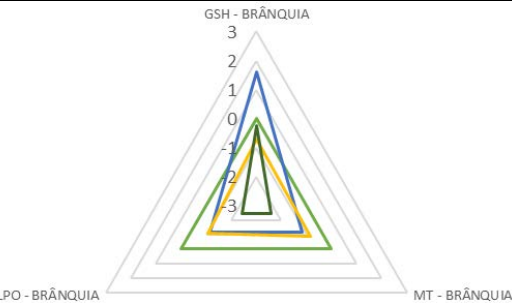
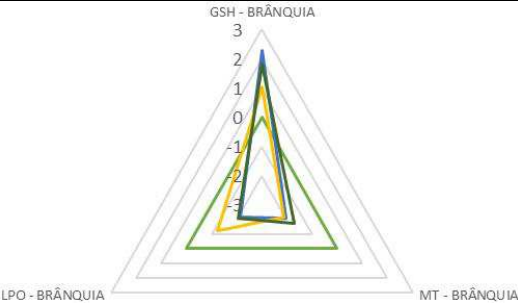
Não se aplica

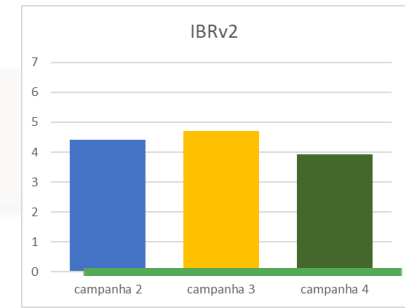
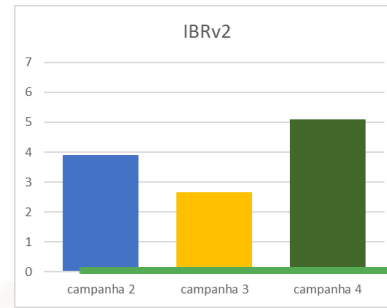
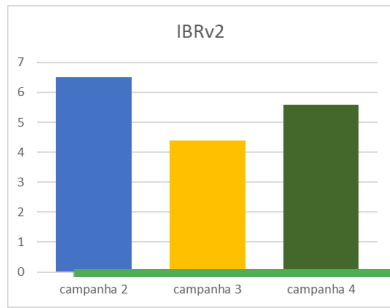
Não se aplica

Não se aplica

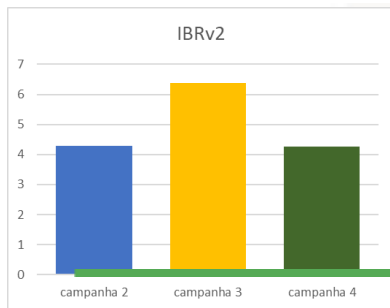
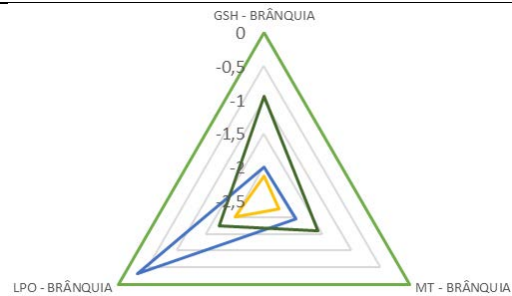


ICTIÓFAGOS





INVERTÍVOROS



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 glutathione reduzida em tecido branquial; MT - BRÂNQUIA: concentração de metalotioneínas em tecido branquial.

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

No compartimento 3, considerando todos os indivíduos capturados em cada um dos pontos amostrais (Tabela 64), observa-se que na 1ª e na 2ª campanha o ponto CP foi o que apresentou as maiores alterações em relação ao ponto CN, ao passo que na 3ª e na 4ª campanha, as maiores alterações foram observadas no ponto DA. Destaca-se que tanto CP, quanto DA apresentaram concentrações de MT aumentadas em relação à CN em todas as campanhas amostrais. Os demais biomarcadores variaram nestes pontos ao longo das campanhas, estando a GSH reduzida em CP e DA na 1ª, 2ª e 4ª campanhas e em CP na 3ª campanha, enquanto nesta campanha, em DA, a GSH apresentou-se elevada. Já a LPO esteve aumentada em CP na 1ª campanha, e em CP e DA na 2ª e 3ª campanhas, sendo estas últimas as campanhas realizadas no período chuvoso, indicando que a sazonalidade pode ser um fator influenciando o aumento da LPO no ponto DA, o que pode estar diretamente relacionado à remobilização dos sedimentos depositados no leito do rio em decorrência do aumento do aporte hídrico, o que favorece a biodisponibilidade de diversos contaminantes.

No agrupamento dos peixes Characiformes, no entanto, em todas as campanhas o ponto CP foi o que apresentou o maior valor de IBRv2, embora na 4ª campanha este valor tenha sido bastante similar ao observado para o ponto DA. Nota-se neste agrupamento de peixes que aqueles do ponto CP apresentaram aumento da LPO nas três primeiras campanhas, enquanto em DA a LPO só esteve maior que a LPO do ponto CN na 3ª campanha. Ainda, destaca-se neste agrupamento de peixes que a MT esteve aumentada no ponto CP na 1ª e na 3ª campanha e no ponto DA na 2ª e na 3ª campanha, enquanto a concentração de GSH esteve aumentada em CP e DA apenas na 1ª campanha e reduzida nas demais campanhas em ambos os pontos.

Nos Siluriformes observou-se que na 1ª, 2ª e 3ª campanhas o ponto DA apresentou maior IBRv2 que o ponto CP, embora nas duas primeiras campanhas a diferença tenha sido menos expressiva, já na 4ª campanha o ponto CP apresentou maior IBRv2. Em todas as campanhas, tanto em CP quanto em DA foi observada maior concentração de MT do que o observado para o ponto CN, indicando que há a presença de contaminantes metálicos em excesso nestes ambientes do compartimento 3. Ainda nas campanhas 1, 2 e 4 ambos os pontos apresentaram reduzida concentração de GSH, enquanto na 3ª campanha este biomarcador não esteve alterado em CP e esteve aumentado em DA. Por fim, em relação aos Siluriformes do compartimento 3, destaca-se que houve aumento da LPO no ponto CP na 4ª campanha, enquanto em DA este biomarcador esteve aumentado na 2ª e na 3ª campanha, sendo estas as campanhas realizadas no período chuvoso, indicando que a condição ambiental pode ter influenciado negativamente, favorecendo a ocorrência deste dano no tecido hepático destes peixes.

Em relação aos hábitos alimentares, nota-se que os peixes detritívoros foram avaliados em todos os pontos apenas nas campanhas 2 e 4, e em ambas o ponto CP apresentou o maior IBRv2, com

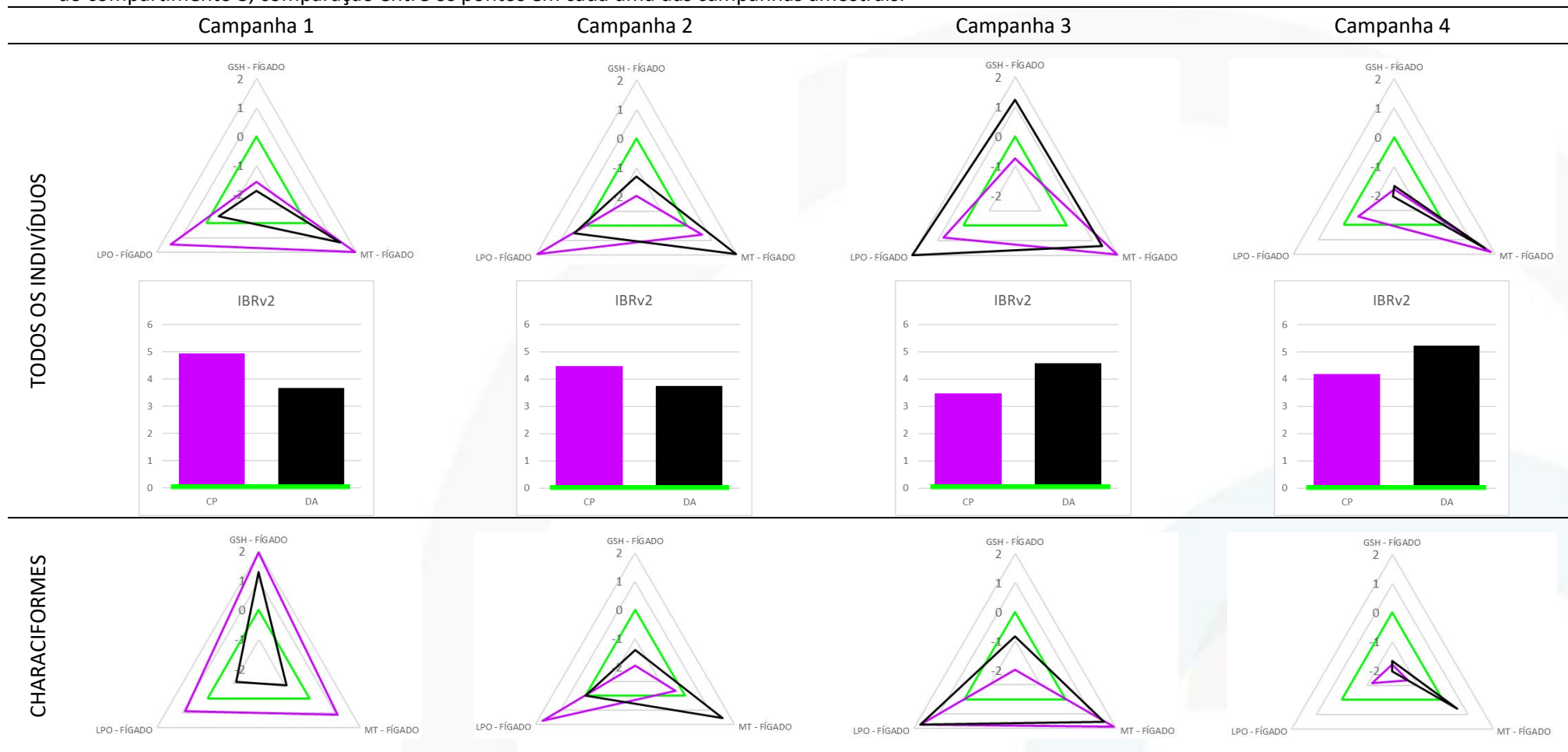
maior expressividade na diferença em relação ao ponto DA acontecendo na 4ª campanha. Destaca-se que houve aumento da MT, nas das campanhas avaliadas apenas no ponto CP, enquanto o aumento da LPO pode ser observado em DA nas duas campanhas avaliadas e também em CP na 4ª campanha. A concentração de GSH, por sua vez, esteve reduzida em CP e DA na 2ª campanha e apenas em CP na 4ª campanha.

Os ictiófagos, na 1ª campanha apresentaram maior IBRv2 no ponto DA, enquanto nas demais campanhas o maior IBRv2 aconteceu no ponto CP. É importante destacar que neste agrupamento apenas os biomarcadores MT e LPO foram integrados para a obtenção do IBRv2. Assim, ainda que CP tenha apresentado maior IBRv2 na maioria das campanhas, destaca-se que no ponto DA foram observadas as maiores concentrações de MT nas campanhas 1, 2 e 4

Por fim, os invertívoros bentônicos apresentaram maior IBRv2 no ponto CP em todas as campanhas que foram avaliados em todos os pontos, ou seja, nas campanhas 1, 2 e 4, embora em DA tenham sido observadas maiores concentrações de MT nas campanhas 1 e 4, de aumento da LPO na campanha 2.

Neste compartimento, avaliando as respostas do biomarcadores não-enzimáticos hepáticos, é importante destacar que na avaliação dos peixes de diferentes hábitos alimentares, no ponto DA, especialmente na 2ª campanha, o aumento da concentração de MT em relação à concentração observada para o ponto CN ocorreu apenas nos peixes de hábito alimentar ictiófago, ao passo que nos peixes de hábito alimentar detritívoro e invertívoro bentônico as concentrações de MT se mantiveram semelhantes ao observado para os peixes de mesmo hábito no ponto CN. Assim, denota-se que nos peixes ictiófagos possivelmente há um aumento na absorção de EPTs uma vez que a MT está aumentada nestes indivíduos, o que é corroborado pela diversidade de vias às quais estes organismos estão expostos a estes EPTs (por exemplo, hídrica e alimentar), indicando ainda que estes organismos estão sofrendo mais alterações no tecido hepático devido ao processo de biomagnificação ao qual eles estão sujeitos. Este processo de biomagnificação pode ainda estar atrelado ao aumento da concentração de MT também observado nos peixes invertívoros bentônicos nas campanhas 1 e 4 uma vez que estes peixes também se alimentam de outros organismos que potencialmente já estão contaminados por EPTs, promovendo assim a biomagnificação destes contaminantes nos mesmos.

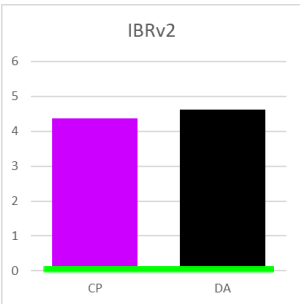
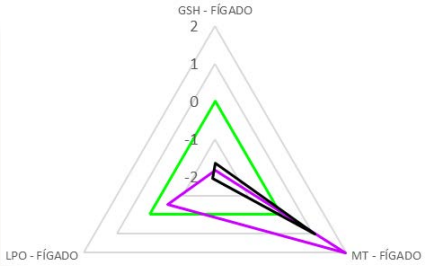
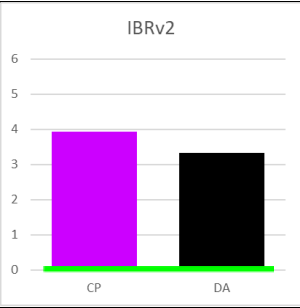
Tabela 64. Índice integrado de Respostas dos Biomarcadores (IBRv2) não-enzimáticos de tecido hepático dos peixes dos pontos amostrais CN, CP e DA do compartimento 3, comparação entre os pontos em cada uma das campanhas amostrais.



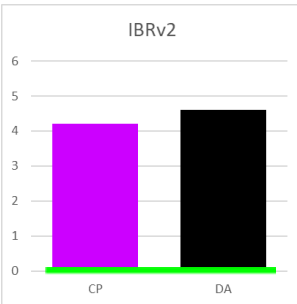
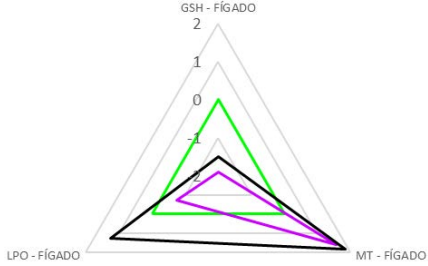
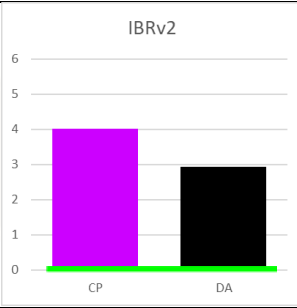


SILURIFORMES

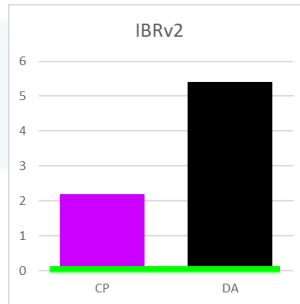
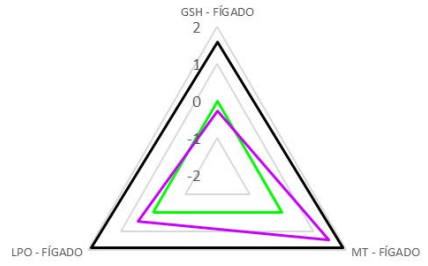
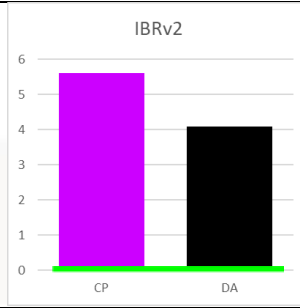
Campanha 1



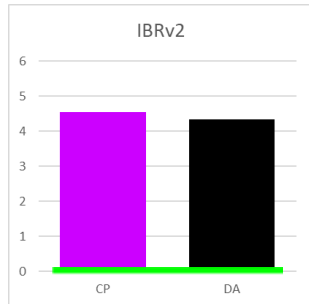
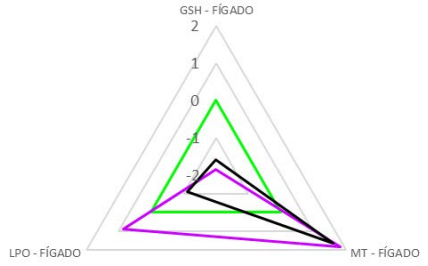
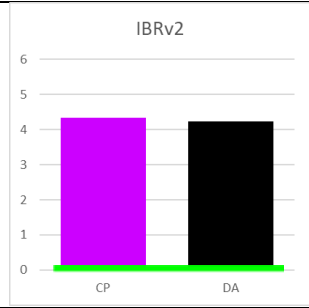
Campanha 2

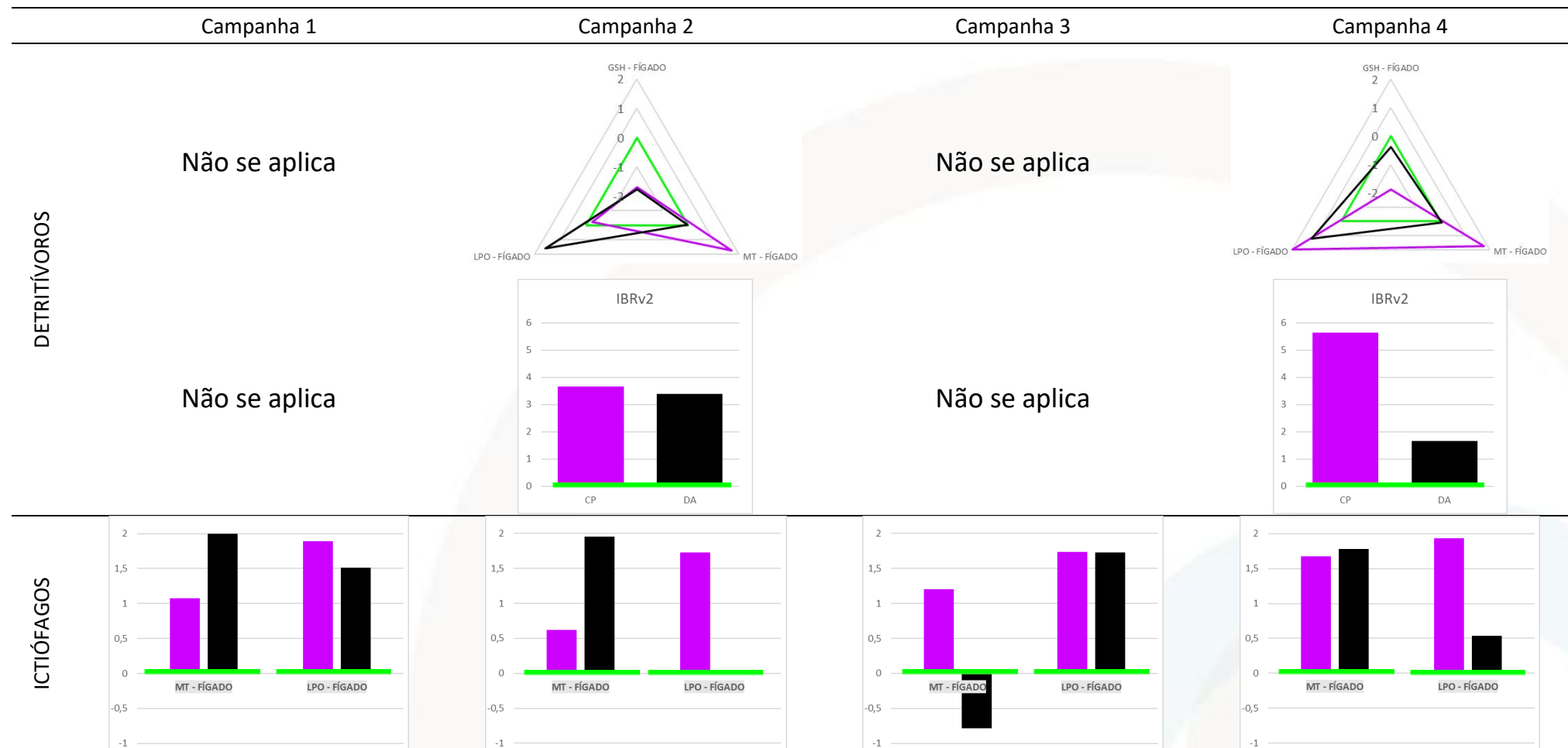


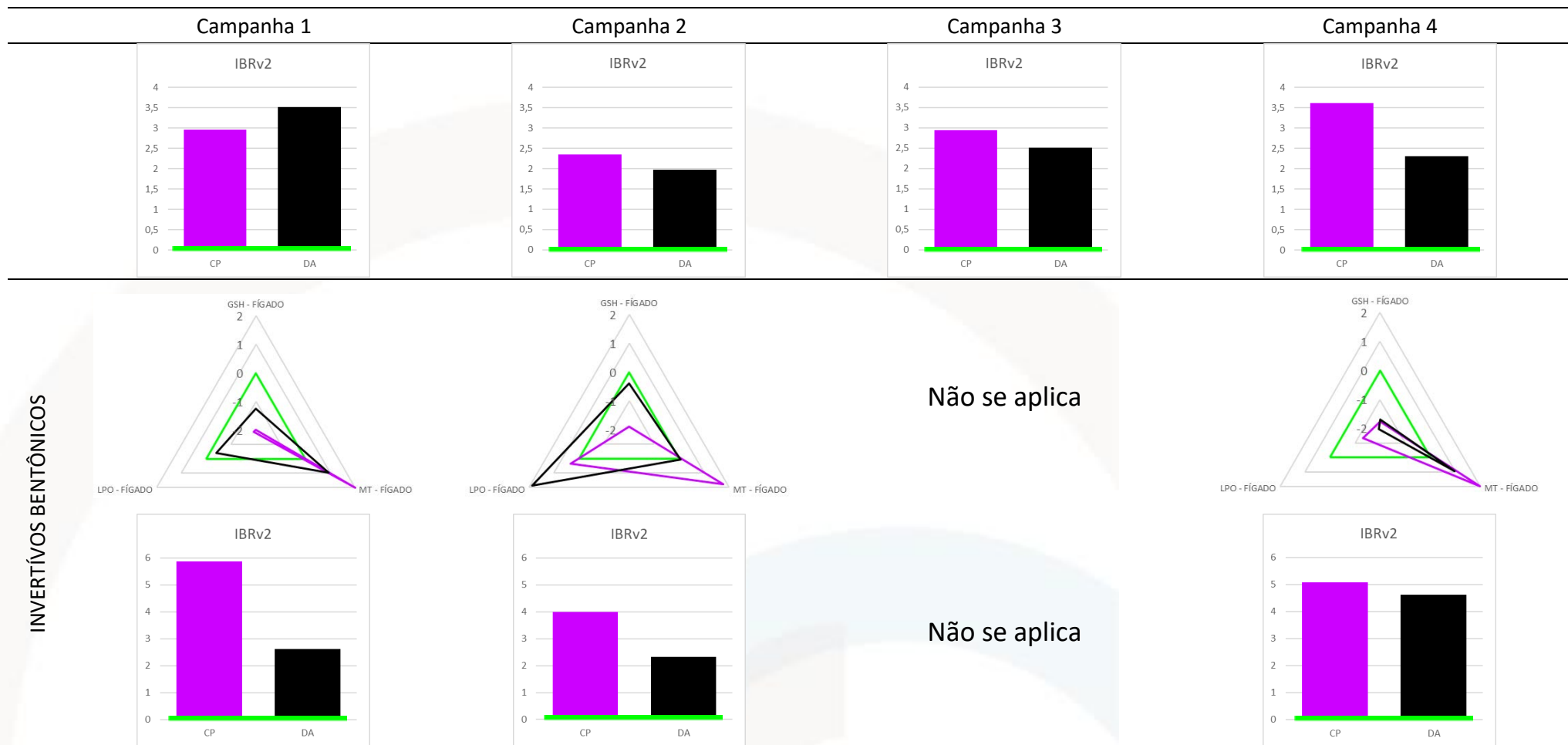
Campanha 3



Campanha 4







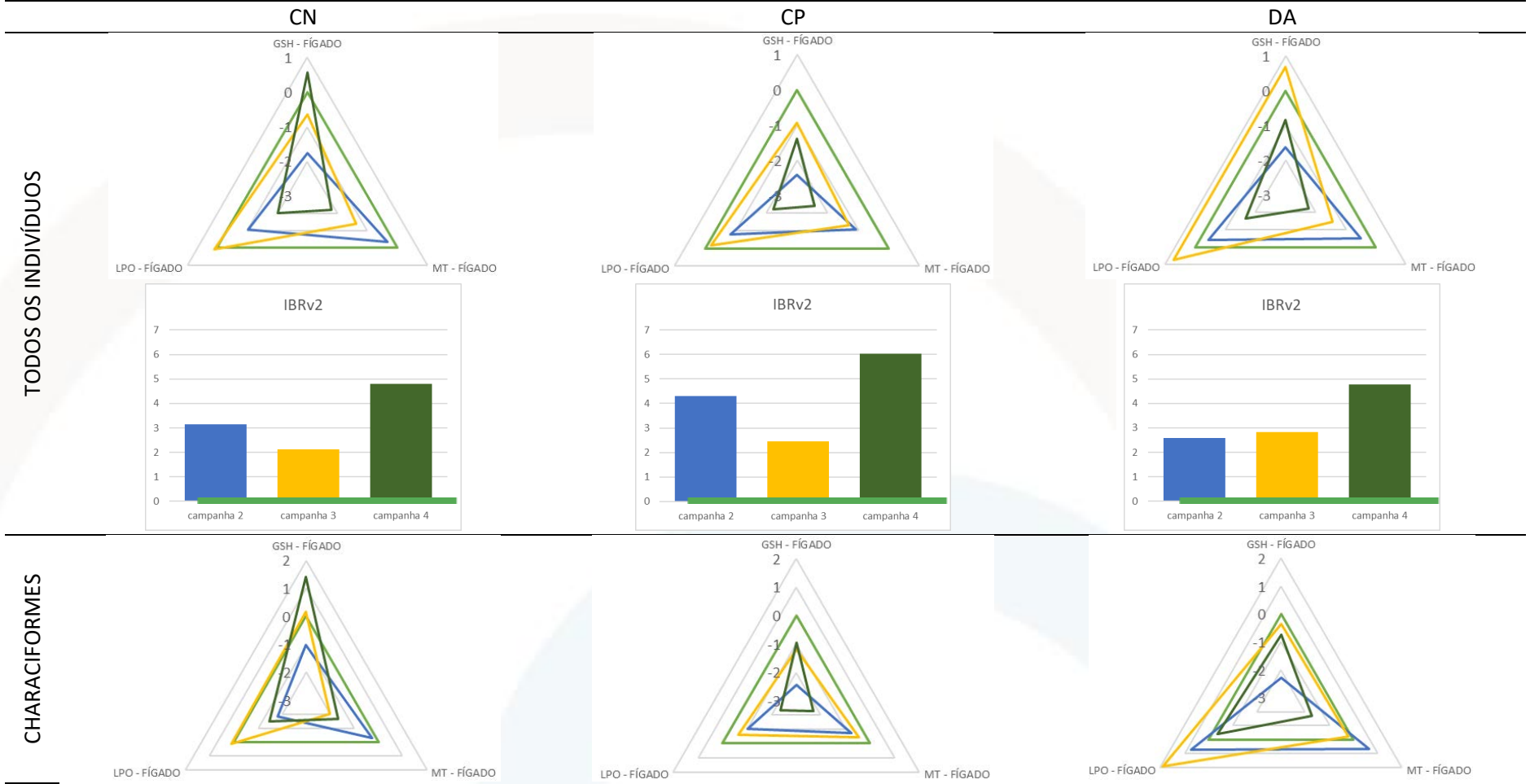
Não se aplica: indica que o IBRv2 não foi aplicado no agrupamento seja por ausência ou insuficiência de n amostral na campanha em questão.

Para cada agrupamento (todos os indivíduos, Characiformes, Siluriformes, detritívoros, 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.

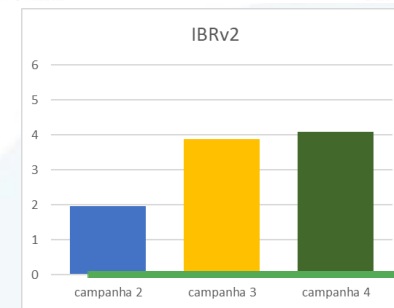
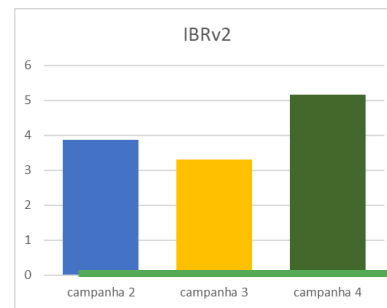
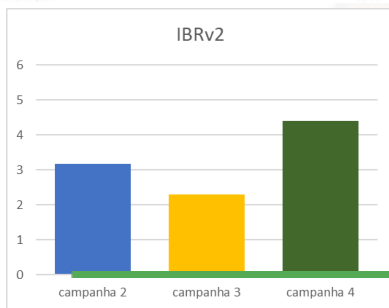
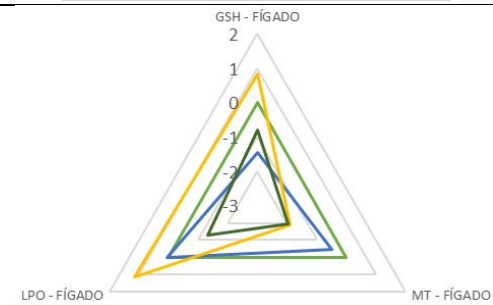
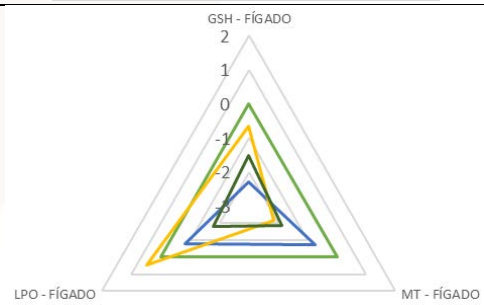
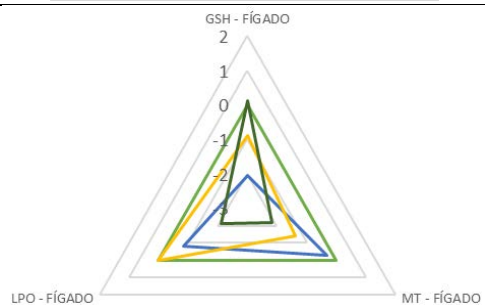
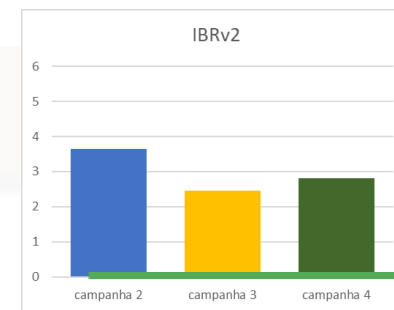
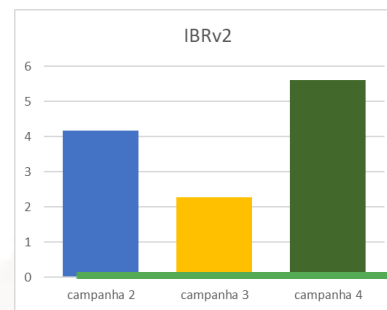
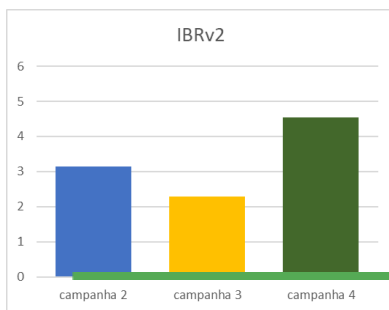
LPO - FÍGADO: peroxidação lipídica em tecido hepático; GSH - FÍGADO: concentração de glutatona reduzida em tecido hepático; MT - FÍGADO: concentração de metalotioneínas em tecido hepático.

Avaliando individualmente cada um dos pontos amostrais (Tabela 65), nota-se que quando considerados todos os peixes amostrados no compartimento 3, tanto para CN, quanto para CP e DA, o maior valor de IBRv2 aconteceu na 4ª campanha, ou seja, esta foi a campanha que apresentou as maiores alterações em relação às repostas observadas nos peixes da 1ª campanha. No agrupamento dos peixes da ordem Characiformes nos pontos CN e CP o maior IBRv2 ainda foi observado na 4ª campanha, seguida da 2ª e da 3ª, respectivamente, já no ponto DA, o maior valor de IBRv2 foi observado na 2ª campanha, seguida da 4ª e da 3ª campanha, respectivamente. Nos Siluriformes, nos pontos CN e CP os IBRv2 foram semelhantes aos observados para os Characiformes destes mesmos pontos, ou seja, com o maior valor sendo observado na 4ª campanha, porém, no ponto DA observou-se que na 3ª e na 4ª campanha ocorreram os maiores valores de IBRv2, sendo estes similares entre si. Os peixes detritívoros, avaliados em todas as campanhas apenas no ponto CP, também apresentaram maior IBRv2 na 4ª campanha, seguida da 2ª e da 3ª, respectivamente. Similarmente, no agrupamento dos peixes ictiófagos, em todos os pontos amostrais, ou seja, CN, CP e DA, as maiores alterações em relação às repostas observadas na 1ª campanha ocorreram na 4ª campanha, com expressiva diferença em relação às demais. Por fim, os invertívoros bentônicos, avaliados em todas as campanhas apenas no ponto CN, apresentaram maior IBRv2 na campanha 3, seguida da 2 e da 4, respectivamente.

Tabela 65. Índice integrado de Respostas dos Biomarcadores (IBRv2) não-enzimáticos de tecido hepático dos peixes dos pontos amostrais CN, CP e DA do compartimento 3, comparação entre as campanhas.



SILURIFORMES



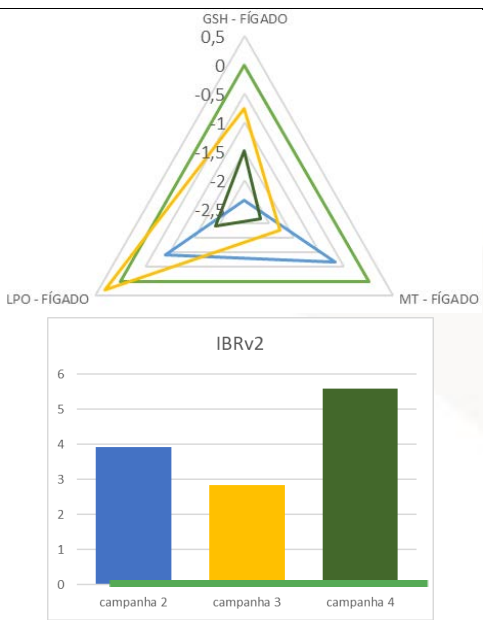
DETRITÍVOROS

Não se aplica

Não se aplica

Não se aplica

Não se aplica



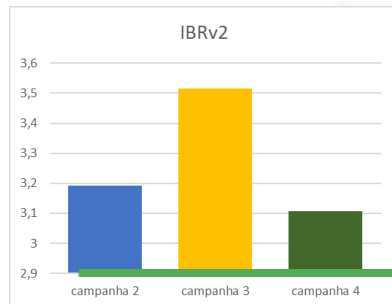
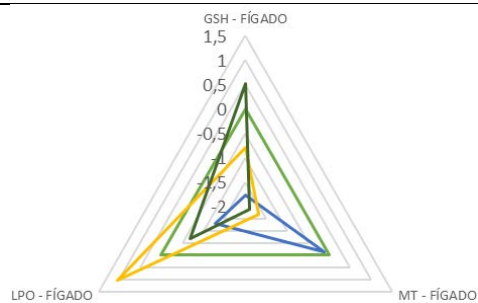
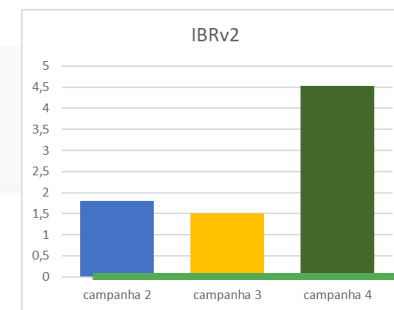
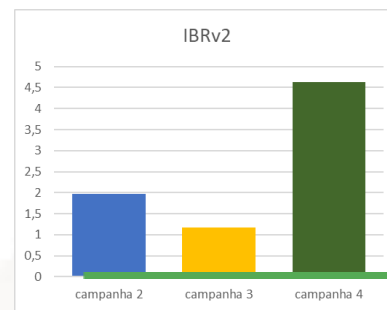
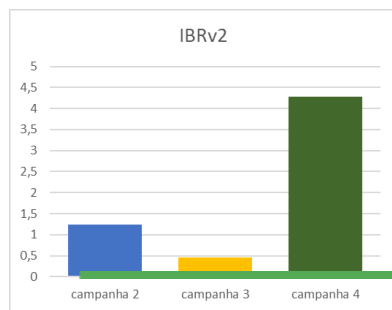
ICTIÓFAGOS

Não se aplica

Não se aplica

Não se aplica

INVERTÍVOROS



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 glutathiona reduzida em tecido hepático; MT - FÍGADO: concentração de metalotioneínas em tecido hepático.

3.1.1.5.9. Biomarcadores de neurotoxicidade – AChE cerebral e muscular

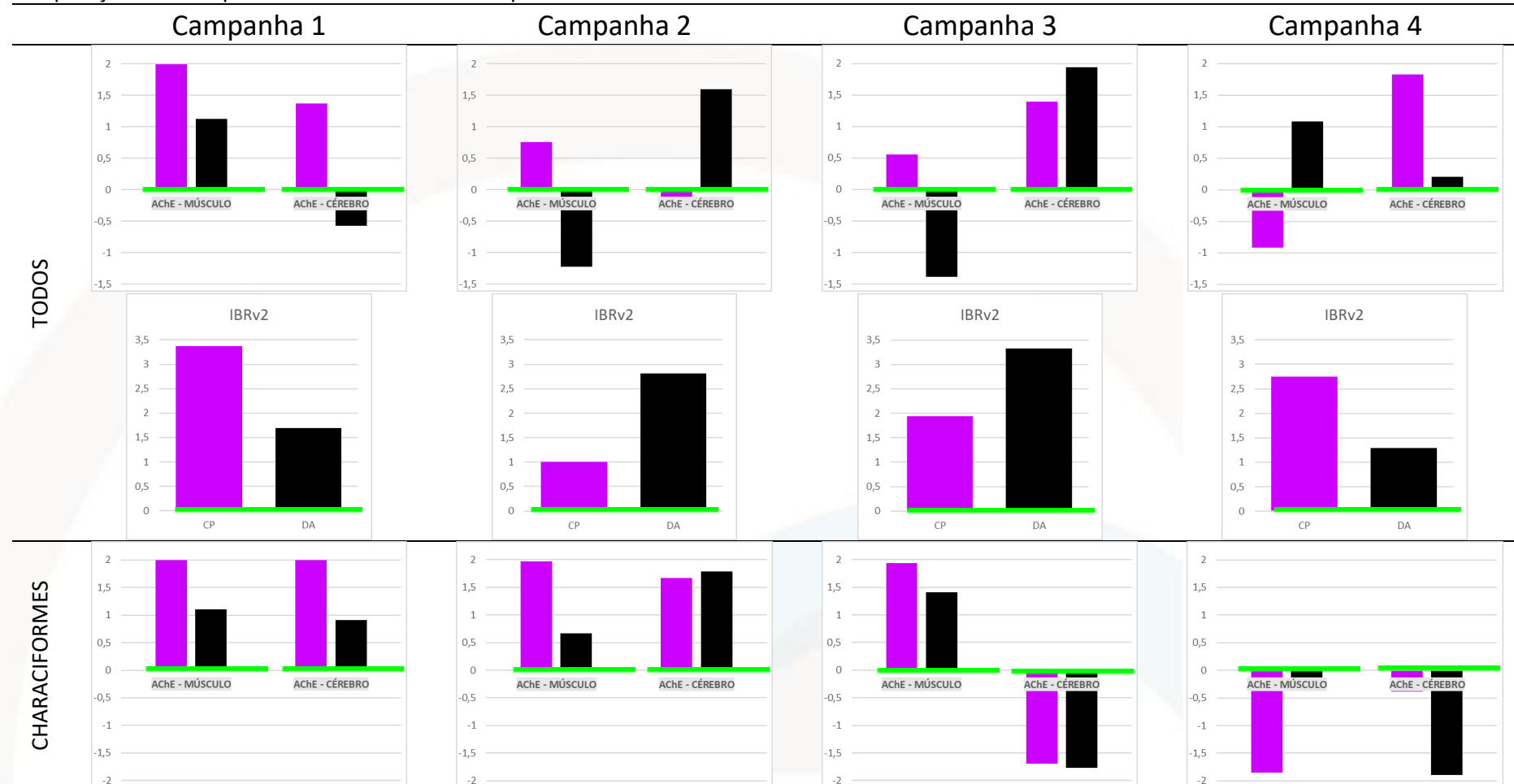
No compartimento 3 nota-se, quando considerados todos os peixes capturados (Tabela 66), que na 1ª e da 4ª campanha o ponto CP apresentou os maiores IBRv2, ao passo que na 2ª e na 3ª campanha os maiores IBRv2 foram observados no ponto DA. Destaca-se na 2ª e 3ª campanhas que os peixes do ponto DA apresentaram expressiva redução na atividade da AChE muscular e um também expressivo aumento da atividade da AChE cerebral, indicando que o efeito neurotóxico nestes peixes foi mais intenso nestas campanhas, sendo elas as campanhas realizadas no período chuvoso, indicando que possivelmente a maior biodisponibilidade de EPTs, provenientes do revolvimento do substrato depositado no leito do rio, pode ter sido um fator de grande importância para a resposta observada.

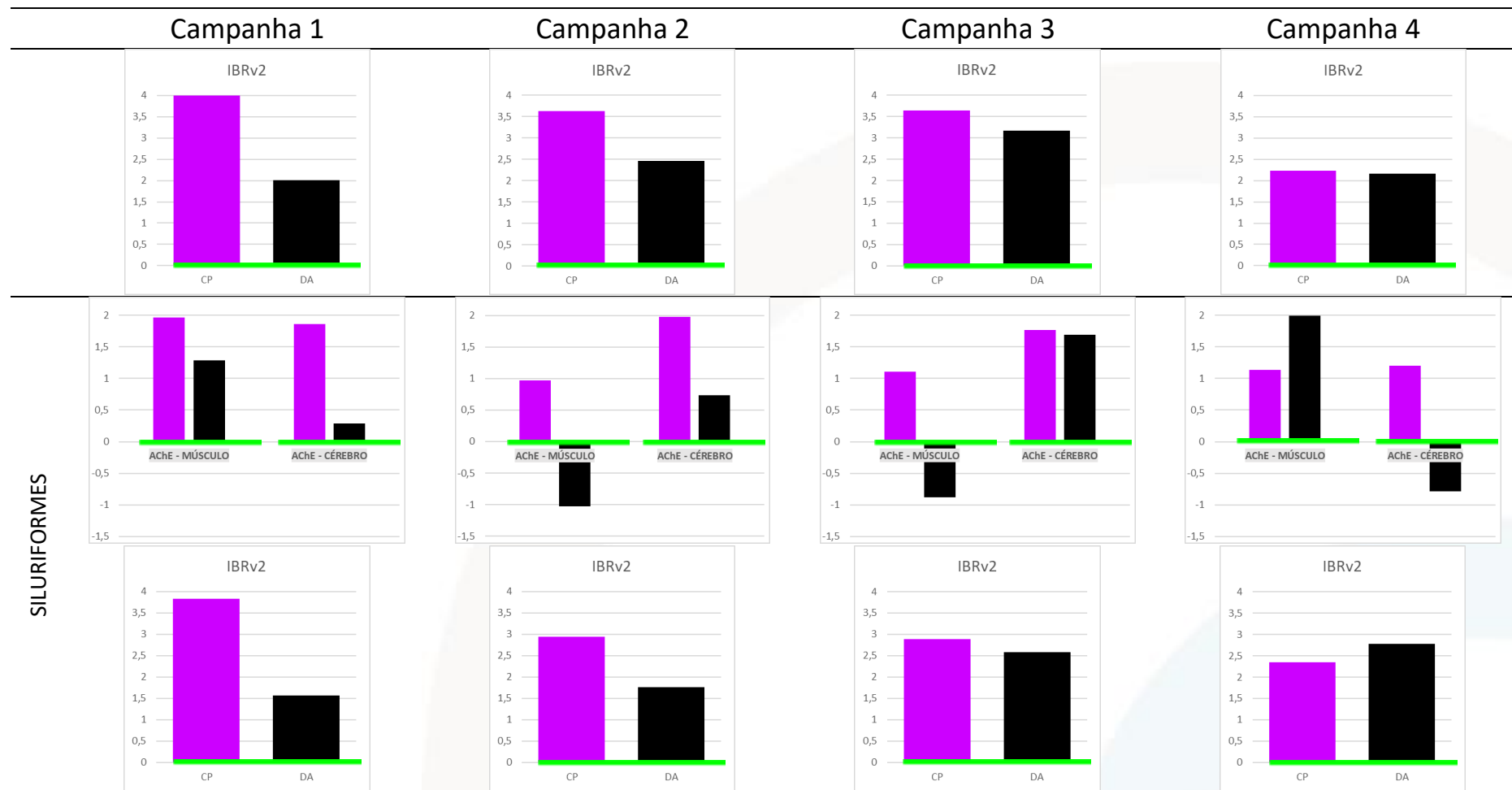
No agrupamento do Characiformes em todas as campanhas o maior IBRv2 foi observado no ponto CP, embora na 4ª campanha a diferença em relação ao ponto DA tenha sido mínima. Ainda assim, destaca-se que CP e DA apresentaram as mesmas alterações em todas as campanhas, embora em CP estas alterações tenham sido mais expressivas. Os Siluriformes apresentaram maior IBRv2 também no ponto CP nas campanhas 1, 2 e 3, enquanto na campanha 4 o maior valor ocorreu no ponto DA, no entanto, diferente do observado para os Characiformes, os Siluriformes de DA apresentaram respostas distintas daqueles de CP nas campanhas 2, 3 e 4.

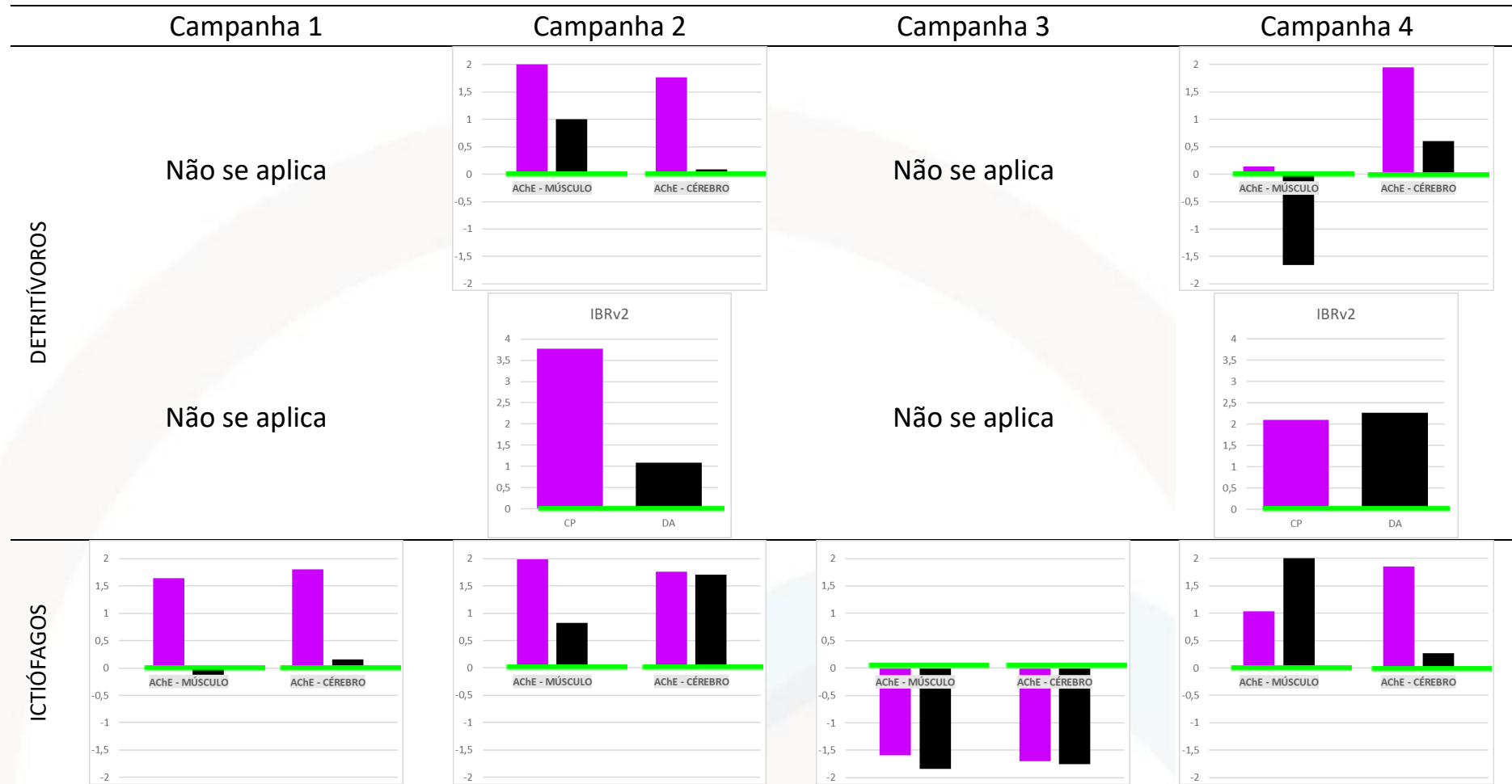
Quanto aos hábitos alimentares, os peixes detritívoros, avaliados em todos os pontos apenas nas campanhas 2 e 4, apresentaram maior IBRv2 no ponto CP, na campanha 2, em decorrência do expressivo aumento da atividade da AChE cerebral e muscular neste ponto, enquanto na campanha 4 o ponto DA foi o que apresentou as maiores alterações, especialmente pela diminuição da atividade da AChE muscular. Já na avaliação dos peixes ictiófagos observou-se maiores alterações no ponto CP nas campanhas 1, 2 e 4, com expressiva diferença em relação à DA na campanha 1, enquanto na campanha 3 o ponto DA foi o que apresentou maiores alterações. Destaca-se neste agrupamento de peixes que, à exceção da 1ª campanha, na qual DA apresentou pouca ou nenhuma diferença em relação à CP, nas demais campanhas as alterações observadas em CP e DA foram semelhantes. Por fim, os peixes de hábito alimentar invertívoro bentônico, os quais não foram avaliados em todos os pontos na campanha 3, apresentaram maior IBRv2 no ponto DA nas campanhas 1 e 2 e no ponto CP na campanha 4. Na 1ª campanha, tanto DA quanto CP apresentaram aumento da atividade da AChE cerebral e muscular, embora em DA este aumento tenha sido mais expressivo, já na 2ª campanha CP e DA apresentaram redução da atividade da AChE muscular, enquanto apenas DA apresentou aumento na atividade da AChE cerebral.

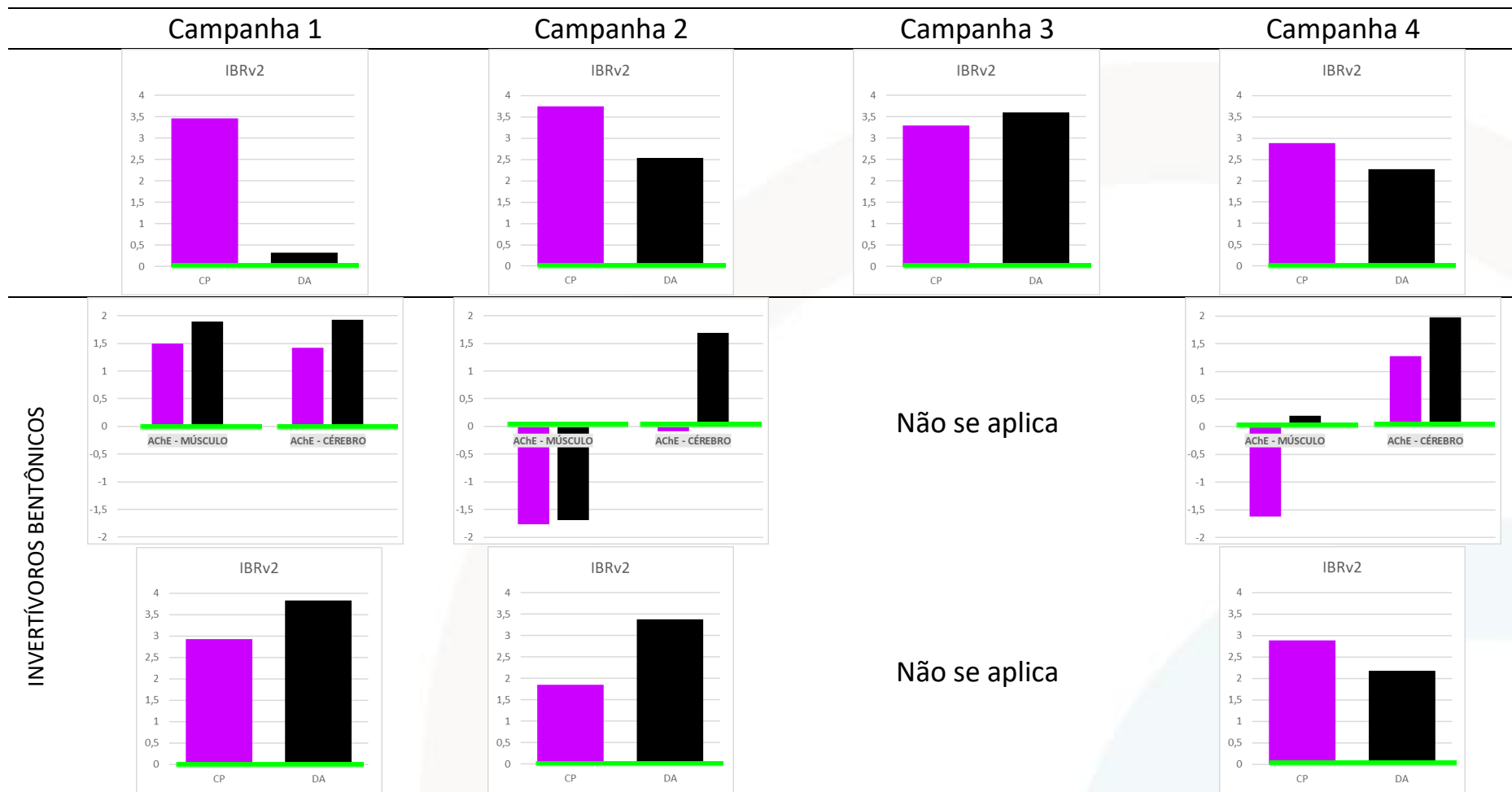


Tabela 66. Índice integrado de Respostas dos Biomarcadores (IBRv2) de neurotoxicidade dos peixes dos pontos amostrais CN, CP e DA do compartimento 3, comparação entre os pontos em cada uma das campanhas amostrais.









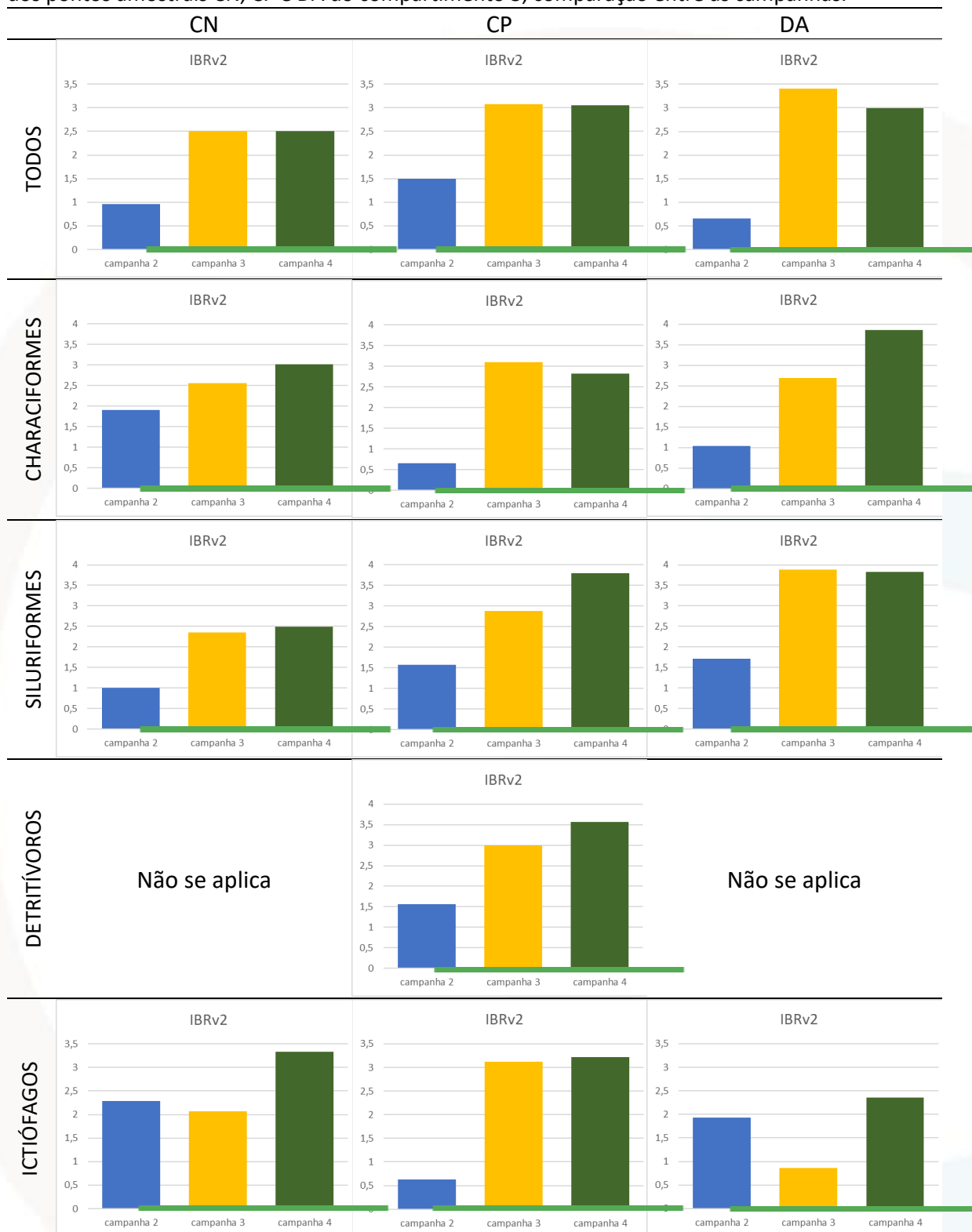
Não se aplica: indica que o IBRv2 não foi aplicado no agrupamento seja por ausência ou insuficiência de **n** amostral na campanha em questão.

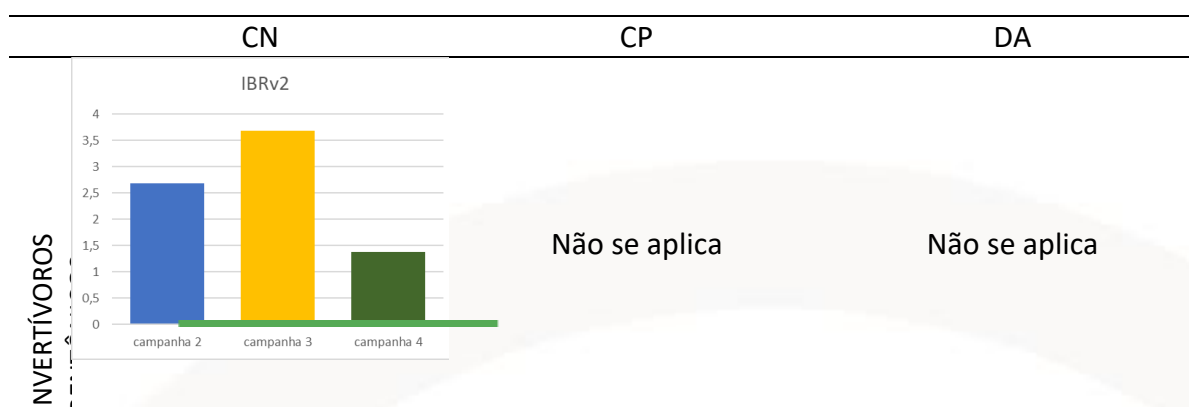
Para cada agrupamento (todos os indivíduos, Characiformes, Siluriformes, detritívoros, ictiófagos e invertívoros bentônicos) e campanha, as respostas do biomarcadores integrados estão representados por um gráfico de radar no qual as respostas dos peixes de CN estão representadas em verde (—), de CP em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

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

Na avaliação de cada um dos pontos amostrais separadamente, observa-se que quando considerados todos os peixes capturados neste compartimento, ou os agrupamentos das ordens Characiformes e Siluriformes, os IBRv2 apresentaram comportamentos semelhantes nos diferentes pontos amostrais, sendo os maiores valores de IBRv2 observados na 3ª ou na 4ª campanha, normalmente com pouca diferença de valores entre elas. O mesmo padrão foi observado para os peixes de hábito alimentar detritívoro, no ponto CP, único no qual estes peixes foram amostrados em todas as campanhas, assim como no ponto CP também dos peixes de hábito alimentar ictiófago. Ainda em relação aos ictiófagos, nos pontos CN e DA foi observado maior valor de IBRv2 na 4ª campanha, seguida da 2ª e da 3ª, respectivamente. Por fim, os peixes de hábito alimentar invertívoro bentônico, avaliados em todas as campanhas apenas no ponto CN, apresentaram maior IBRv2 na 3ª campanha, seguida da 2ª e da 4ª, respectivamente (Tabela 67).

Tabela 67. Índice integrado de Respostas dos Biomarcadores (IBRv2) de neurotoxicidade dos peixes dos pontos amostrais CN, CP e DA do compartimento 3, 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.

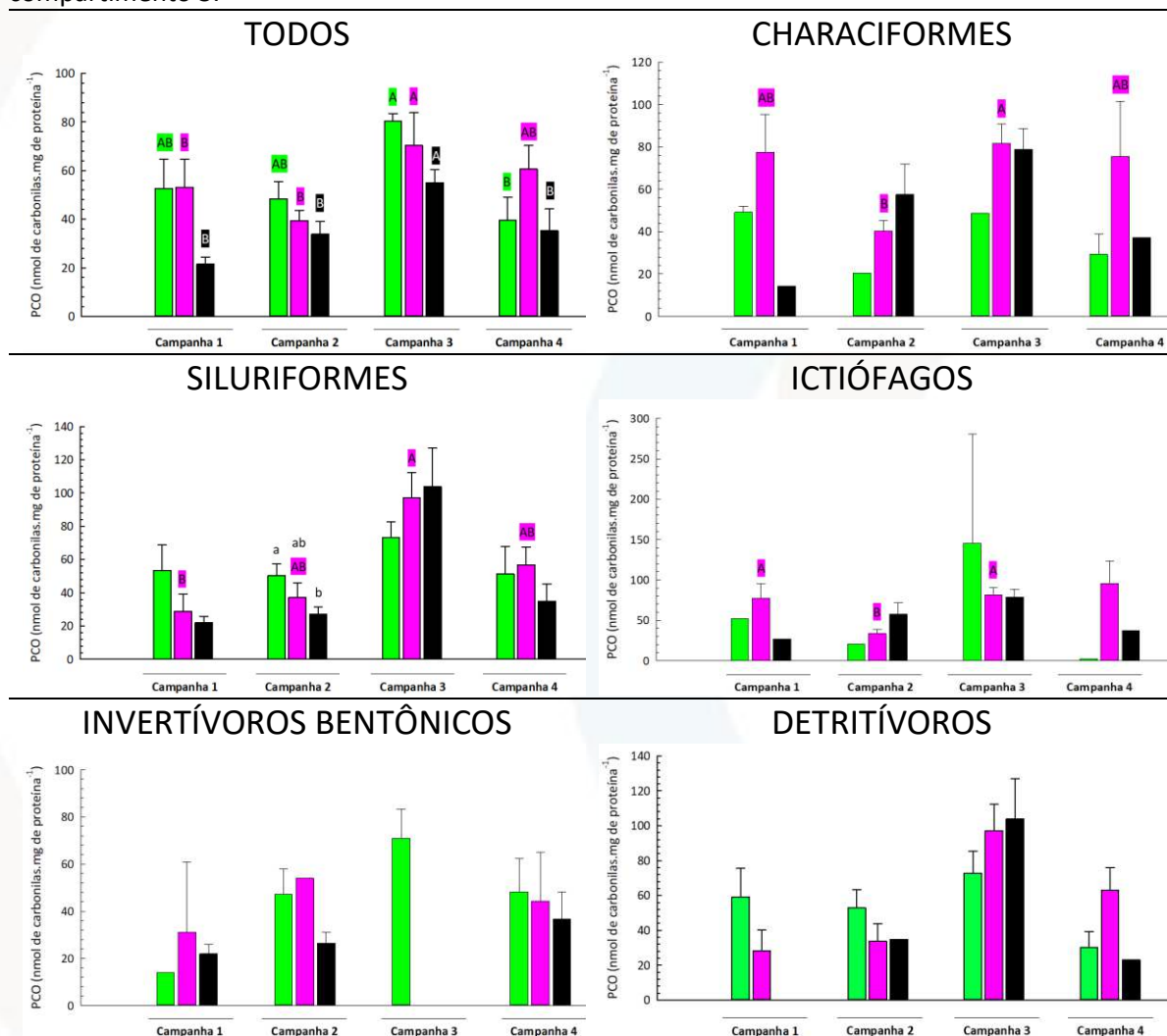
Para cada agrupamento (todos os indivíduos, Characiformes, Cichliformes, Siluriformes, ictiófagos e invertívoros bentônicos) e ponto amostral, as respostas dos biomarcadores integrados estão representados por um gráfico de radar no qual as respostas dos peixes capturados na 1ª campanha estão representadas 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.

3.1.1.5.10. Biomarcador de dano em proteínas – PCO

No compartimento 3, quando considerados todos os peixes capturados em cada ponto amostral nota-se que em ambos os pontos, para as quatro campanhas os peixes apresentaram níveis similares de PCO. Porém, na avaliação temporal observa-se que no geral os peixes dos três pontos amostrais apresentaram maior dano em proteínas na 3ª campanha (Tabela 68).

Na avaliação dos agrupamentos de peixes por ordem ou hábito alimentar nota-se que novamente, por ausência ou insuficiência de n amostral nem todas as comparações foram avaliadas (Tabela 68).

Tabela 68. Proteínas carboniladas no tecido muscular dos peixes dos pontos CN, CP e DA, do compartimento 3.



CN: Barras verdes; CP: barras violeta; DA: barras pretas. 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 e preto – DA. 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 $p < 0,05$.

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

Os biomarcadores de citogenotoxicidade avaliados nos peixes do compartimento 3, quando considerados todos os peixes amostrados, demonstraram que os peixes do ponto DA apresentaram maior escore de dano ao DNA do que os peixes do ponto CN, na 2ª campanha, ao passo que na 3ª e na 4ª campanha os peixes do ponto CN apresentaram maior escore de dano em relação aos peixes do ponto CP. Na avaliação temporal nota-se que os peixes de CN capturados na 3ª e na 4ª campanha apresentaram maior escore de dano do que aqueles capturados na 2ª campanha. A frequência de MN por sua vez esteve similar entre os pontos amostrais, assim como entre as campanhas. Já a frequência de ANE, similar ao observado para os compartimentos 1 e 2, esteve maior em ambos os pontos amostrais na 4ª campanha, comparado às demais campanhas (Tabela 69).

Nos agrupamentos por ordem ou hábito alimentar, novamente ressalta-se que estes agrupamentos não foram representados em todos os pontos e campanhas, implicando que por vezes os mesmos não pudessem ser avaliados estatisticamente. Ainda assim, diante do avaliado observa-se que no geral as respostas dos peixes em cada agrupamento apresentaram padrão semelhante ao previamente discutido para o conjunto de todos os peixes amostrados no compartimento 3 (Tabela 69).