



Governo do Estado de Minas Gerais
Sistema Estadual de Meio Ambiente
Instituto Mineiro de Gestão das Águas
Gerência de Monitoramento de Qualidade das Águas

MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DO RIO DOCE NO ESTADO DE MINAS GERAIS

RELATÓRIO TÉCNICO

Acompanhamento da Qualidade das Águas do Rio
Doce Após o Rompimento da Barragem da Samarco
no distrito de Bento Rodrigues – Mariana/MG

17 de NOVEMBRO DE 2015

Introdução

O Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM monitora a qualidade das águas do rio Doce por meio de 12 pontos de monitoramento localizados em sua calha, nos quais são realizadas coletas e análises mensais.

Em decorrência do rompimento de uma barragem de propriedade da SAMARCO, no distrito de Bento Rodrigues, com consequências em toda a extensão do rio Doce, o IGAM solicitou ao Centro de Inovação e Tecnologia SENAI FIEMG, por meio do Instituto SENAI de Tecnologia em Meio Ambiente, a realização de coletas e análises emergenciais da qualidade da água no rio Doce, bem como dos rejeitos lançados pela barragem rompida, trabalho este que se iniciou no dia seguinte ao evento, com o planejamento do roteiro e deslocamento da equipe para a área. Após as coletas, foram avaliados os parâmetros: condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, pH, temperatura, sólidos totais, sólidos dissolvidos totais, sólidos em suspensão totais, turbidez e arsênio total, bem como os metais: alumínio dissolvido, ferro dissolvido, cobre dissolvido, cromo total, cádmio total, chumbo total, manganês total, mercúrio total e níquel total.

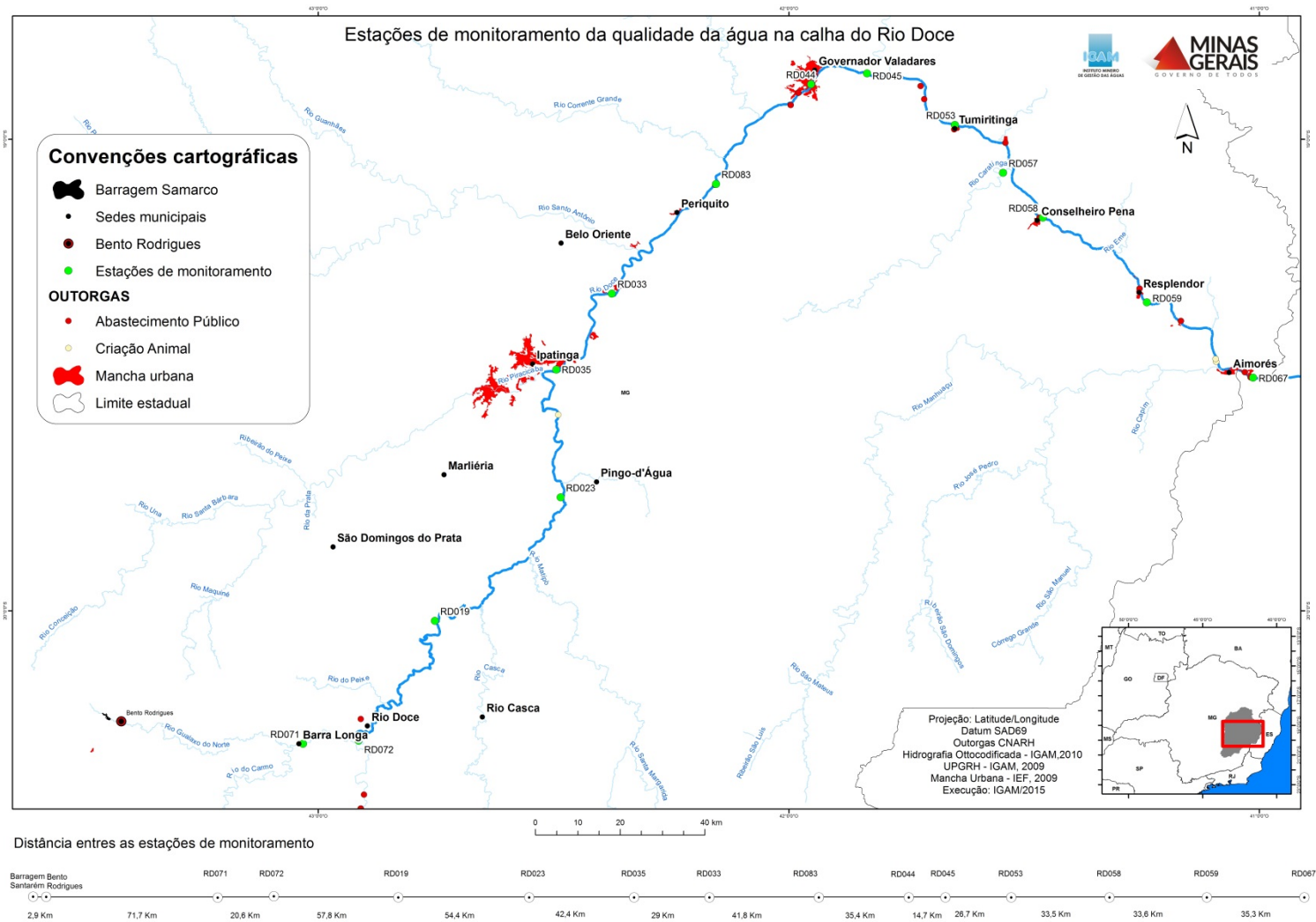
A partir do dia 7 de novembro as coletas se iniciaram nos pontos da calha do rio Doce. Até o momento, não foi possível coletar amostras de água nos rios Gualaxo do Norte (diretamente afetado pelo rompimento das barragens) e no rio do Carmo (recebe a contribuição direta do rio Gualaxo do Norte) devido ao volume de rejeitos e corpos de água completamente assoreados.

Na Tabela 1 são apresentadas as 12 estações de monitoramento da calha do rio Doce e os respectivos dias em que se iniciaram as coletas emergenciais para o acompanhamento da situação em função do evento. A localização geográfica dessas estações de monitoramento, bem como a distância, em km, entre elas pode ser visualizada no mapa da Figura 1.

Tabela 1: Descrição das estações de monitoramento avaliadas:

Código	Descrição	Data do início da coleta diária
RD072	no município de RIO DOCE	07/11/2015
RD019	entre os municípios de RIO CASCA (MG) e SÃO DOMINGOS DO PRATA (MG)	07/11/2015
RD023	entre os municípios de MARLIÉRIA (MG) e PINGO-D'ÁGUA (MG)	07/11/2015
RD035	no município de IPATINGA (MG)	08/11/2015
RD033	no município de BELO ORIENTE (MG)	08/11/2015
RD083	logo a jusante do município de PERIQUITO (MG)	08/11/2015
RD044	Rio Doce na cidade de Governador Valadares	07/11/2015
RD045	Rio Doce a jusante da cidade de Governador Valadares	07/11/2015
RD053	no município de TUMIRITINGA (MG)	10/11/2015
RD058	no município de CONSELHEIRO PENA (MG)	10/11/2015
RD059	no município de RESPLENDOR (MG)	10/11/2015
RD067	no município de AIMORÉS (MG)	10/11/2015

Figura 1: Localização geográfica das estações de monitoramento na calha do rio Doce e dos pontos de captação de água para abastecimento.



No estado de Minas Gerais, a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 2008, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e dá as diretrizes ambientais para o seu enquadramento. As águas do rio Doce são consideradas Classe 2.

Serão realizadas também amostras de sedimentos nos mesmos pontos de monitoramento, para varredura e quantificação dos metais. Planeja-se que essas análises sejam realizadas no 1º, 7º e 15º dia de coleta dos pontos.

Além disso, para melhor conhecimento das características do rejeito extravasado, foi solicitada a caracterização química do mesmo.

Discussão dos resultados

No dia 7 de novembro de 2015 foi iniciado o monitoramento diário na calha do rio Doce, com análise dos parâmetros citados. Ressalta-se que, o presente relatório é preliminar, portanto serão apresentados os dados obtidos até o dia 13 de novembro.

É importante ressaltar que as coletas são realizadas ao longo de um dia e despachadas no final do dia por transportadoras e a retirada do material é realizada pelo laboratório na garagem das transportadoras no dia seguinte, pela manhã. Além disso, para a análise de cada parâmetro é necessário um tempo diferente, podendo variar de poucos minutos até 36 horas, como é o caso das análises dos metais.

Turbidez

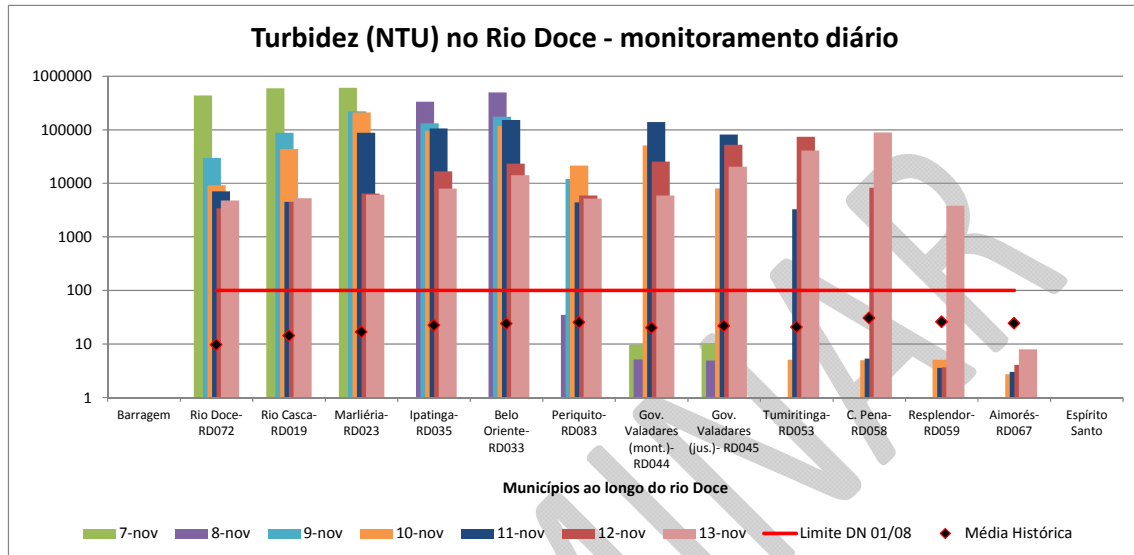
Na Figura 1 é apresentada a comparação entre os resultados de turbidez, média histórica e o padrão legal. Destaca-se que, especialmente nos dois primeiros dias de monitoramento, no trecho localizado entre os municípios de Rio Doce (RD072) e Belo Oriente (RD033) foram observados valores da ordem de centenas milhares de unidades de turbidez, atingindo o valor máximo de 606.200 NTU, no município de Marliéria (RD023). Este valor corresponde a mais de seis mil vezes o valor máximo permitido pela legislação para corpos de água Classe 2 (100 NTU).

No trecho localizado entre os municípios de Periquito (RD083) e Conselheiro Pena (RD058), em reflexo da chegada da pluma do rejeito, a partir do dia 9 de novembro, os valores de turbidez passam a apresentar elevação chegando a registrar o valor de 140.000 NTU em Governador Valadares (RD044) no dia 11 de novembro. No município Aimorés (RD067), até o dia 13, os valores de turbidez estiveram em conformidade com o limite legal e dentro do esperado para a série histórica, indicando que a onda de rejeitos ainda não havia alcançado esse ponto de monitoramento.

A turbidez na água, nessas situações foi provocada pela presença do rejeito de minério deixando a sua aparência opaca (marrom avermelhada), podendo reduzir a penetração da luz e prejudicando a vida aquática. Além disso, é esteticamente desagradável na água potável e nas medidas acima de 50 NTU requer filtração, coagulação química para a remoção dos sólidos suspensos e melhor eficiência no processo de desinfecção da água para o seu tratamento para abastecimento.

Ressalta-se que a turbidez vem apresentando queda gradativa dos valores ao longo dos dias, após o início do monitoramento. As reduções desses valores, acima descritas, devem-se tanto à capacidade do rio Doce em depurar os rejeitos, à medida que tem sua vazão aumentada, com a contribuição de seus afluentes, quanto pelo decurso do tempo de deslocamento da pluma, com a deposição de parte do material levado pelas águas.

Figura 1: Resultados diários de turbidez, em escala logarítmica, no rio Doce.



Oxigênio dissolvido

No Figura 2 é apresentada a comparação entre os resultados de oxigênio dissolvido (OD), média histórica e o padrão legal. Observa-se que, os valores de OD têm sido impactados pela pluma, sendo reduzidos à medida que esta se desloca. Dessa forma, evidenciam-se, nos locais onde a pluma já passou, valores de OD muito inferiores às médias históricas e ao padrão legal atingindo valores inferiores a 0,5 mg/L O₂.

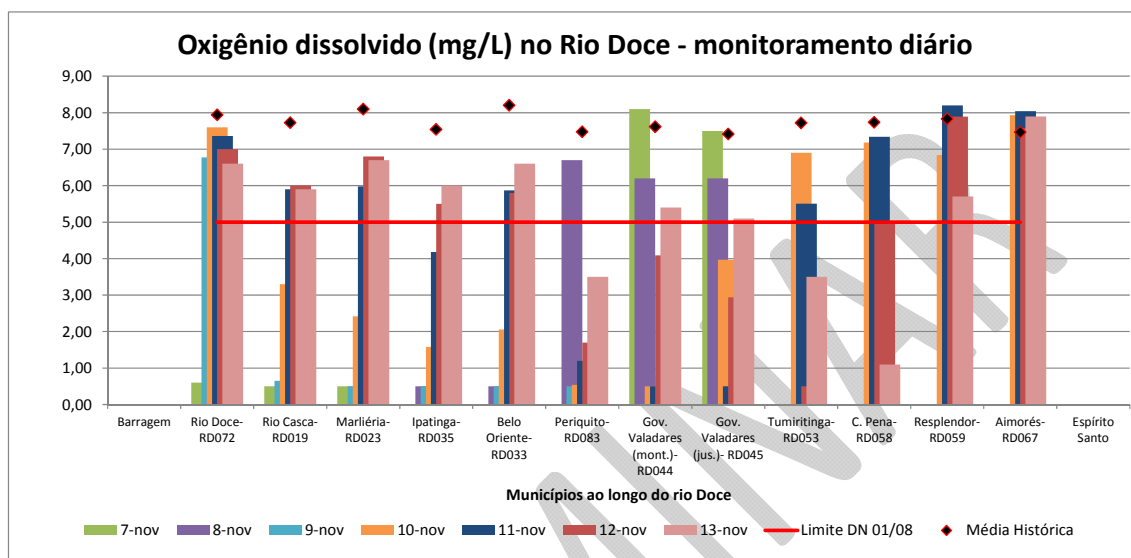
As baixas concentrações de oxigênio, com valores abaixo de 0,5 mg/L O₂, também são causadas pela presença do rejeito, que impede a passagem da luz e a realização da fotossíntese. Caso o oxigênio seja totalmente consumido tem-se condições anaeróbicas com geração de maus odores. A redução de oxigênio também é provocada por temperaturas elevadas da água (acima de 20°C), o que foi observado devido às próprias condições do clima, com temperaturas ambientes de 28,3 e 31,4°C, nos locais de coleta.

A exemplo do ocorrido com o parâmetro turbidez, o OD apresentou comportamento de abrandamento de seus valores, conforme passagem do tempo e deslocamento da pluma. O que se observa nos pontos de monitoramento compreendidos entre os municípios de Rio Doce (RD072) e Belo Oriente (RD033). Em contrapartida, no ponto localizado no município de Conselheiro Pena (RD058) observa-se o contrário: no dia 12 de novembro ocorre uma diminuição dos valores de OD, indicando o deslocamento da pluma ao longo do rio Doce. No município de Resplendor (RD059) observa-se uma redução do OD no dia 13, indicando que a onda de rejeitos possa ter alcançado esse município desta data. Já no município de Aimorés (RD067) os valores de OD estiveram dentro do limite e próximos à média da série histórica,

uma vez que a pluma do rejeito ainda não havia chegado neste município até o momento da coleta do dia 13 de novembro.

No dia 13 os resultados mostram que entre os municípios de Rio Doce (RD072) e Tumiritinga (RD053) os valores de OD estão reestabelecendo os níveis compatíveis com a sua série histórica.

Figura 2: resultados diários de oxigênio dissolvido no rio Doce.

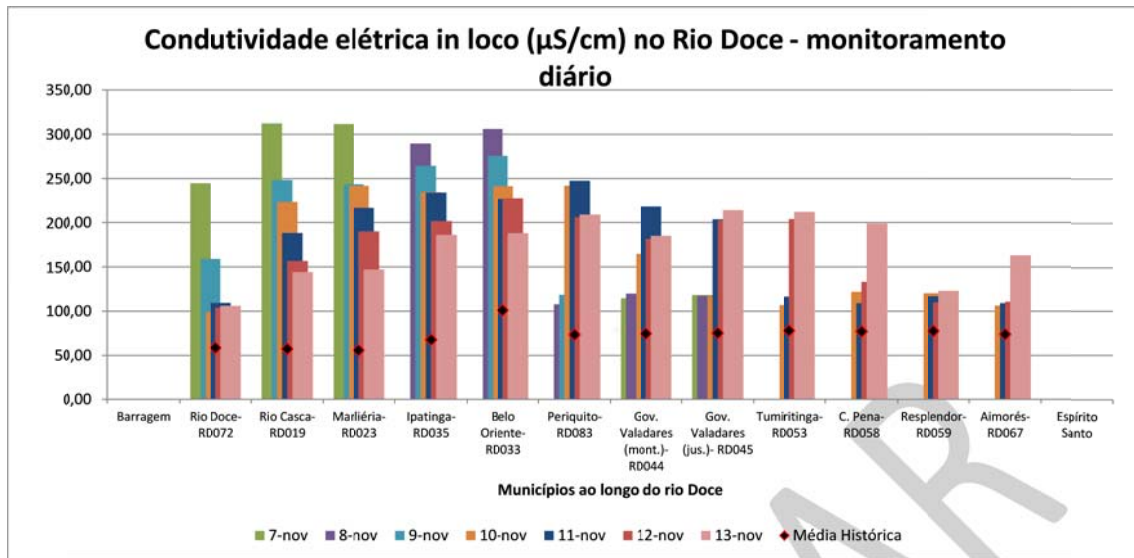


Condutividade elétrica *in loco*

Abaixo, na Figura 3 é representado o comportamento do parâmetro condutividade elétrica *in loco* ao longo do rio Doce, em comparação com as médias históricas. No período de 07 a 13 de novembro valores de condutividade elétrica *in loco* variaram entre 99,41 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 312,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$, em geral níveis superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indicam ambientes impactados.

Ressalta-se que no dia 13, os valores desse parâmetro foram superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em todas as estações de monitoramento.

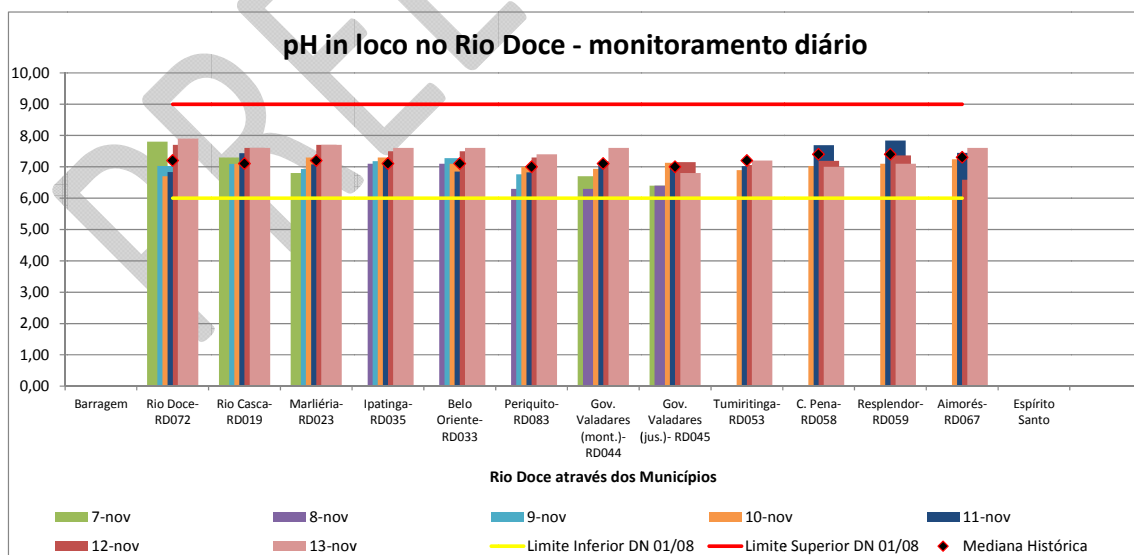
Figura 3: resultados diários de condutividade elétrica no rio Doce.



Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH é uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água em uma faixa de 0 a 14. Nos resultados do período de 07 a 13 de novembro, os valores de pH encontram-se dentro da normalidade, isto é, sem apresentar violação dos limites estabelecidos na legislação (faixa de 6 a 9), que são valores adequados para a manutenção da vida aquática. Isso significa que o rejeito não deve estar sofrendo alteração química à medida que avança nos corpos de água, nem mesmo passando por processo de diluição de componentes que venham alterar as condições de neutralidade da água.

Figura 4: resultados diários de pH no rio Doce.



Sólidos (totais, dissolvidos e em suspensão)

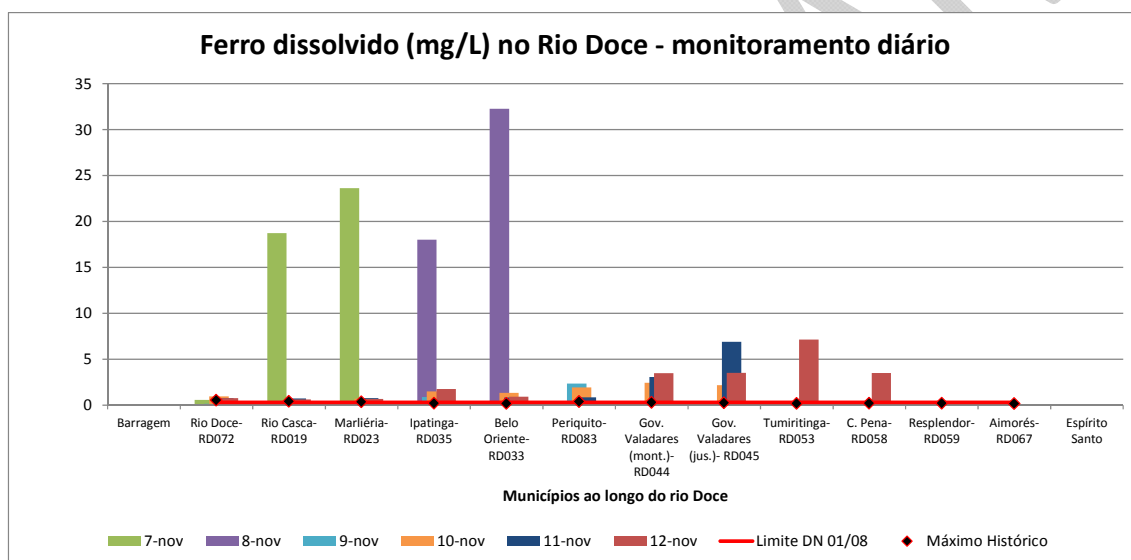
Avaliando-se a série de sólidos (totais, dissolvidos e em suspensão) nos pontos, verificou-se que, em decorrência da presença do rejeito no trecho localizado entre os municípios de Rio Doce (RD072) e Belo Oriente (RD033), os sólidos em suspensão aumentaram na ordem de

Ferro dissolvido

Na Figura 9 são apresentados os resultados de ferro dissolvido obtidos entre os dias 7 e 12 de novembro. Verifica-se que, ao longo do rio Doce, ocorreram grandes variações dos valores de ferro, registrando resultados entre 0,03 e 32,26 mg/L de Fe, sendo que o menor valor foi encontrado na estação de amostragem localizada em Aimorés (RD067) e o maior valor na estação localizada em Belo Oriente (RD033). Observa-se que, ao longo dos dias, na medida em que a pluma de rejeitos avança, os valores de ferro se elevavam.

Verifica-se, ainda, que no dia 12, apesar da redução observada ao longo dos dias a partir da data do pico do rejeito, em cada ponto de monitoramento, os valores de ferro ainda permanecem acima do limite legal, em todos os pontos da calha do rio Doce, desde o município de Rio Doce (RD072) até Conselheiro Pena (RD059), à exceção do ponto localizado em Periquito (RD083), que apresentou o valor de 0,22 mg/L. Em Resplendor e Aimorés, os resultados de ferro dissolvido estiveram dentro do limite legal, que é de 0,3 mg/L.

Figura 9: resultados diários de ferro dissolvidos no rio Doce.

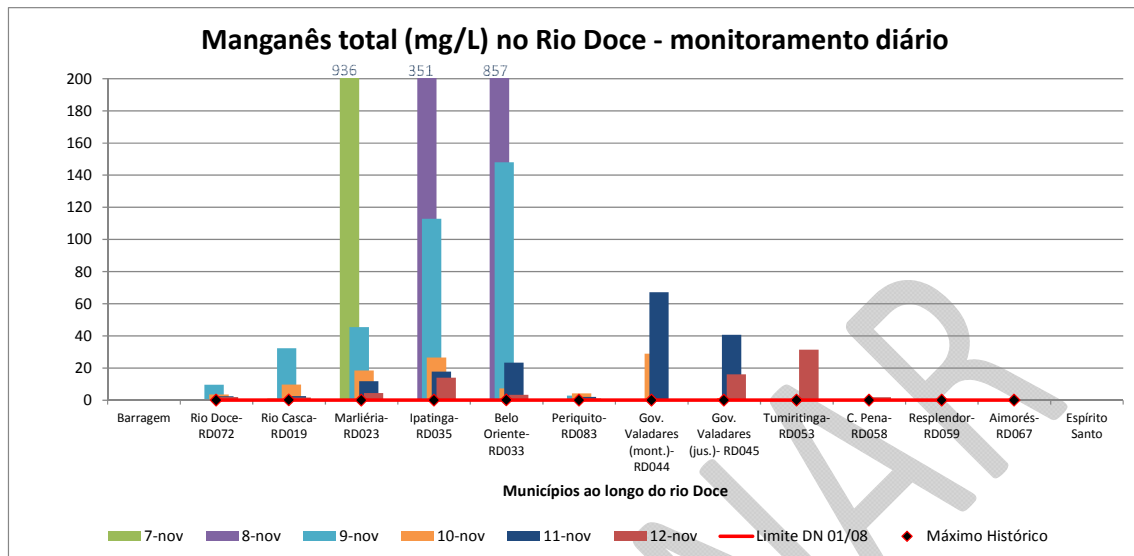


Manganês total

Na Figura 10 são apresentados os resultados de manganês total nos pontos localizados entre os municípios de Rio Doce (RD072) e Aimorés (RD067), no período entre os dias 7 e 12 de novembro. Verifica-se que no pico da passagem do rejeito nos pontos localizados entre os municípios de Rio Doce (RD072) e Belo Oriente (RD0033), os valores de manganês estiveram entre 9,65 e 936 mg/L Mn. Contudo, nos dias seguintes, os valores de manganês apresentaram redução. Por exemplo, na estação RD033 com relação ao máximo atingido desde o início do monitoramento emergencial (857 mg/L) o valor verificado nesta quinta-feira foi de 3,47, o que representa uma redução de 99,6%. Nas estações localizadas no município de Governador Valadares (RD044 e RD045) os valores de manganês tiveram um pico de 67,20 mg/L no dia 11 e no dia 12 os valores reduziram para 0,74 mg/L. Esses resultados indicam que a pluma alcançou os municípios localizados a jusante de Periquito com um impacto muito inferior ao constatado nos pontos de montante. Apesar da redução observada ao longo dos últimos dias no monitoramento verifica-se que no último dia 12, os valores de manganês estiveram acima do limite legal (0,1 mg/L) em todos os pontos do rio Doce localizados entre os municípios de

Rio Doce (RD072) e Conselheiro Pena (RD058), variando entre 0,74, em Governador Valadares (RD044) e 31,41 em Tumiritinga (RD053).

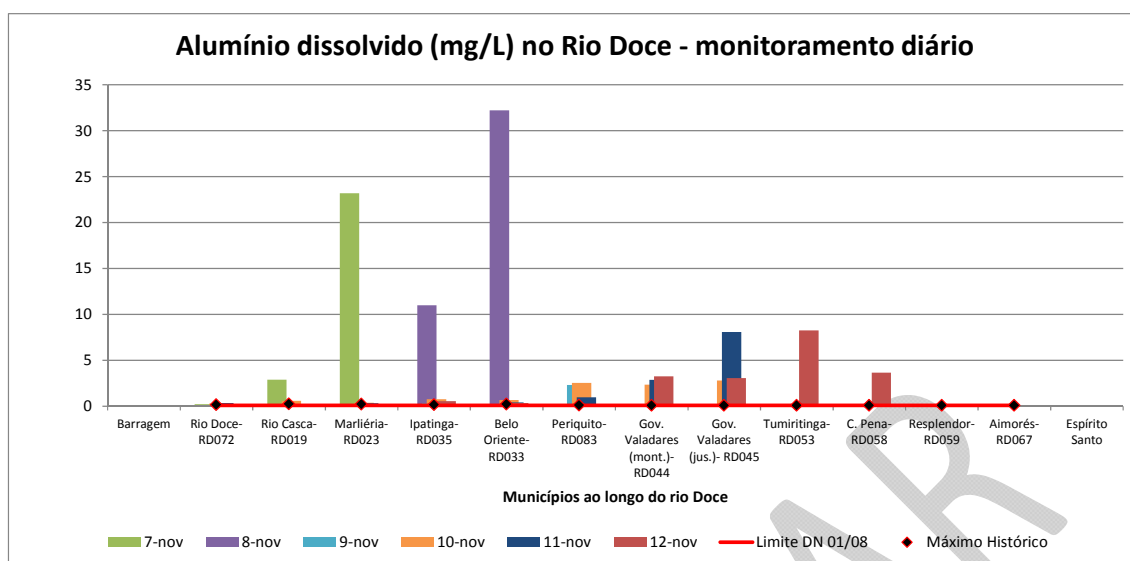
Figura 10: resultados diários de manganês total no rio Doce.



Alumínio dissolvido

Na Figura 11 são apresentados os resultados de alumínio dissolvido nos pontos localizados entre os municípios de Rio Doce (RD072) e Aimorés (RD037) no período entre os dias 7 e 12 de novembro. Os maiores valores de alumínio foram encontrados entre os municípios de Rio Casca (RD072) e Belo Oriente (RD033) nos dias 7 e 8, apresentando resultados entre 2,90 e 32,20 mg/L. Já nos municípios a partir de Periquito (RD035) o maior valor encontrado foi de 8,25 mg/L em Tumiritinga (RD053). Ratificando, assim como os resultados de manganês, que a pluma alcançou os municípios localizados a jusante de Periquito com um impacto muito inferior ao constatado nos pontos de montante. Verifica-se que no dia 12, apesar da redução observada ao longo dos dias a partir da data do pico do rejeito em cada ponto de monitoramento, os valores de alumínio ainda permanecem acima do limite legal em todos os pontos da calha do rio Doce desde o município de Rio Doce (RD072) até Conselheiro Pena (RD059). Em Resplendor e Aimorés os resultados de alumínio estiveram dentro do limite legal, que é de 0,1 mg/L.

Figura 11: resultados diários de alumínio dissolvido no rio Doce.



Arsênio total, cádmio total, chumbo total, cromo total, mercúrio total, níquel total e cobre dissolvido

Nas Figuras 12 a 18 são apresentados os resultados de arsênio total, cádmio total, chumbo total, cromo total, mercúrio total, níquel total e cobre dissolvido para o período entre os dias 7 e 12 de novembro. Com relação aos metais verificou-se que o arsênio, cádmio, chumbo, cromo e níquel nos pontos de monitoramento localizados entre os municípios de Rio Doce (RD072) e Conselheiro Pena (RD058) se comportaram de maneira semelhante, apresentando valores mais elevados na data em que o pico da pluma de rejeito alcançava os municípios e uma posterior diminuição ao longo dos dias consecutivos. Desta forma, é possível verificar valores acima do limite legal para esses metais nos trechos entre Rio Doce (RD072) e Belo Oriente (RD033) nos dias 7 e 8 de novembro, no município de Periquito (RD083) no dia 9, em Governador Valadares (RD044 e RD045) no dia 10, em Tumiritinga (RD053) no dia 11 e em Conselheiro Pena (RD058) no dia 12 de novembro. No dia 12 de novembro (até o momento da coleta) a pluma do rejeito não havia alcançado os municípios de Resplendor e Aimorés, RD059 e RD067, respectivamente.

Para os valores de cobre e mercúrio verificou-se extrapolação dos limites legais somente no ponto localizado no município de Rio Casca (RD019), somente no dia 7; o cobre dissolvido também ultrapassou o limite legal no ponto localizado no município de Belo Oriente (RD033), somente no dia 8.

Metais pesados são constituintes naturais do meio ambiente, pois estão presentes em numerosos minerais e rochas. Muitos desses elementos são pouco solúveis e permanecem aderidos aos sólidos, sem se dissolver à água. A solubilidade de todos os metais depende muito do valor de pH e do potencial de oxi-redução do meio, sendo que a diminuição do pH da água pode proporcionar a liberação desses elementos do meio sólido para água. No entanto, como apresentado anteriormente, o pH não apresentou variação, o que é um fator positivo para a não dissolução desses metais na água.

Figura 15: resultados diários de cobre dissolvido no rio Doce.

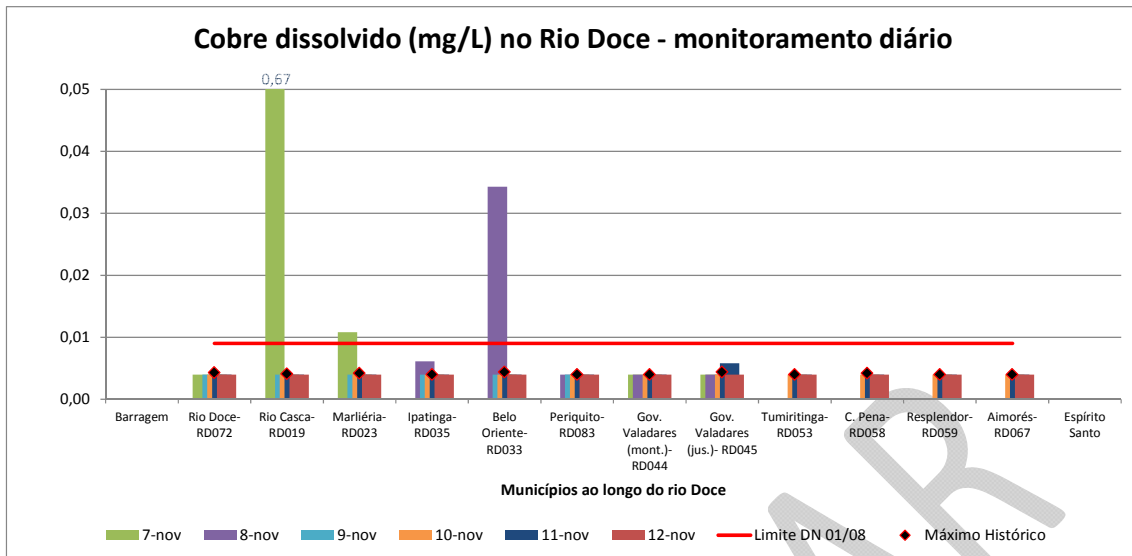


Figura 16: resultados diários de cromo total no rio Doce.

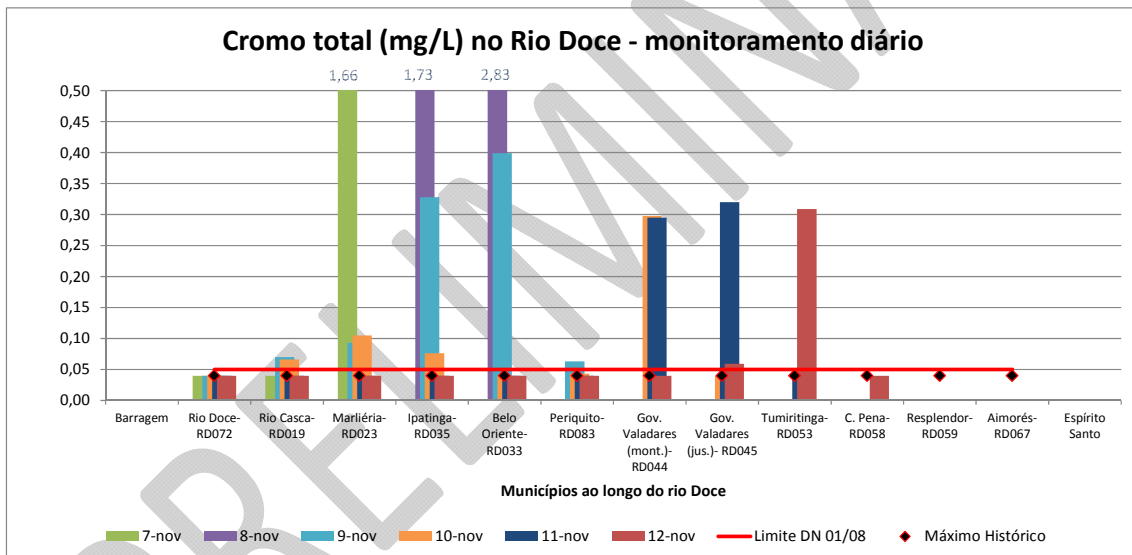


Figura 17: resultados diários de mercúrio total no rio Doce.

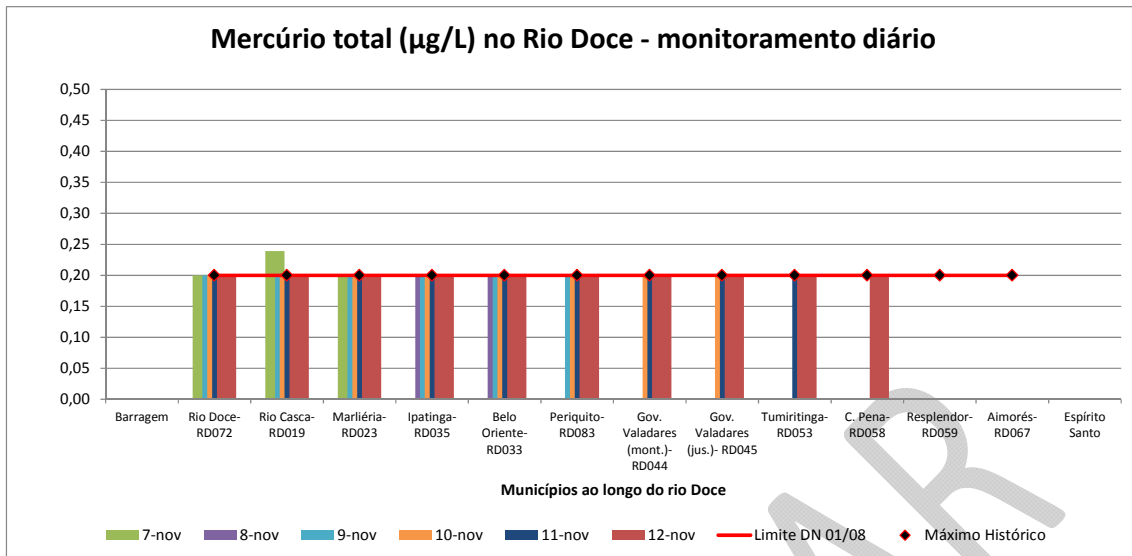
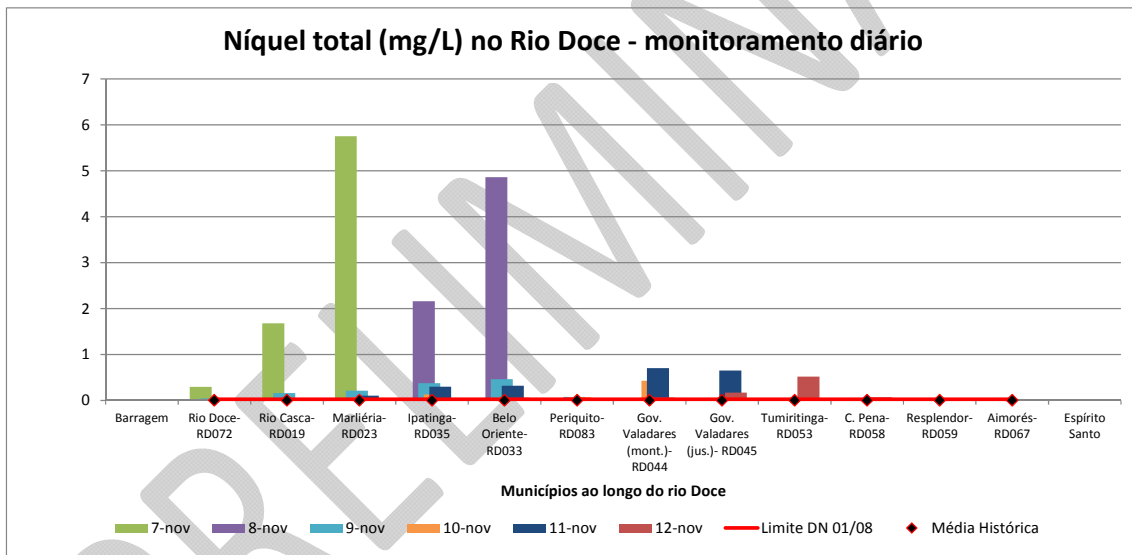


Figura 18: resultados diários de níquel total no rio Doce.



ANÁLISE DE SEDIMENTOS

Grande parte dos contaminantes presentes nos esgotos domésticos e efluentes industriais lançados nos corpos de água superficial pode ser depositada nos sedimentos, fazendo com que eles se tornem uma fonte ou sumidouro de espécies químicas. Dessa forma, é clara a importância da preservação da qualidade desse compartimento para a proteção da comunidade aquática. Para avaliar a qualidade dos sedimentos adotou-se a Resolução CONAMA Nº454/2012, que estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional. A Resolução 454 estabelece 2 valores orientadores: Nível 1- limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota e o Nível 2 - limiar acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota.

Nas Figuras 19, 20 e 21 são apresentados os resultados de ferro, alumínio e manganês obtidos nos dias 7 e 8. A Resolução não estabelece valores orientadores para esses metais. Os valores

de ferro variaram entre 1,77 a 31,7%, sendo que o maior valor encontrado foi no dia 7 de novembro em Rio Doce (RD072). Os valores de alumínio estiveram entre 1,60 e 12,69% e os de manganês entre 0,03 e 0,14%. Esses resultados refletem as características esperadas para o material oriundo do rejeito, além do próprio material de fundo das bacias que foi arrastado e misturado com o rejeito.

Figura 19: resultados de ferro nos sedimentos do rio Doce.

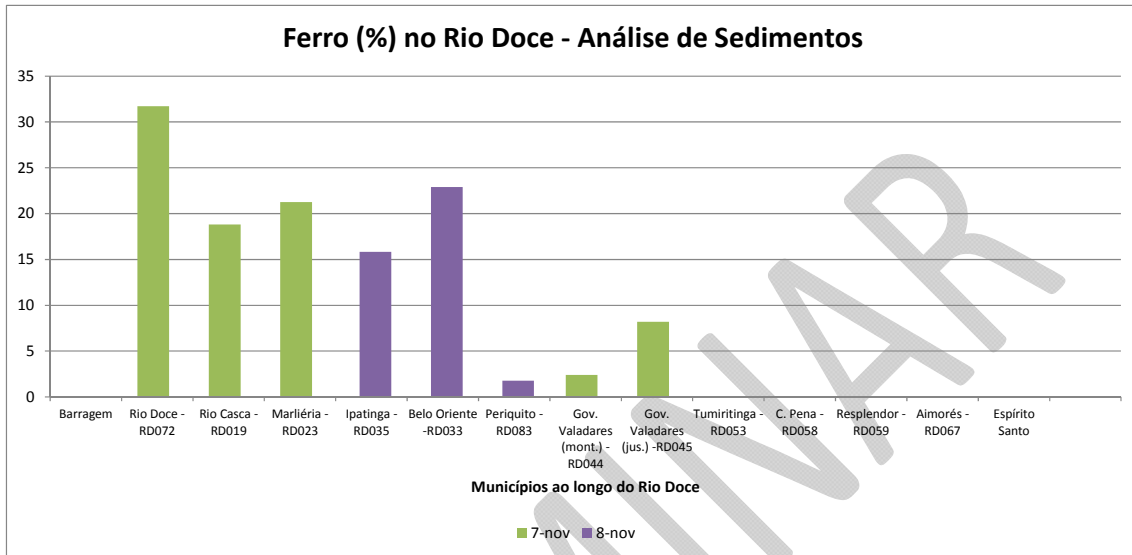


Figura 20: resultados de alumínio nos sedimentos do rio Doce.

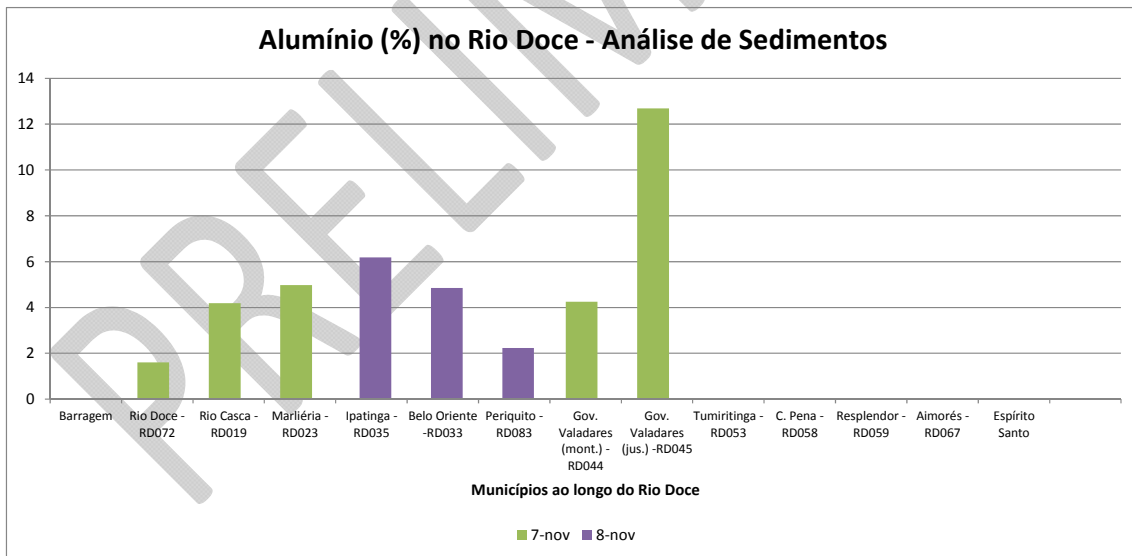
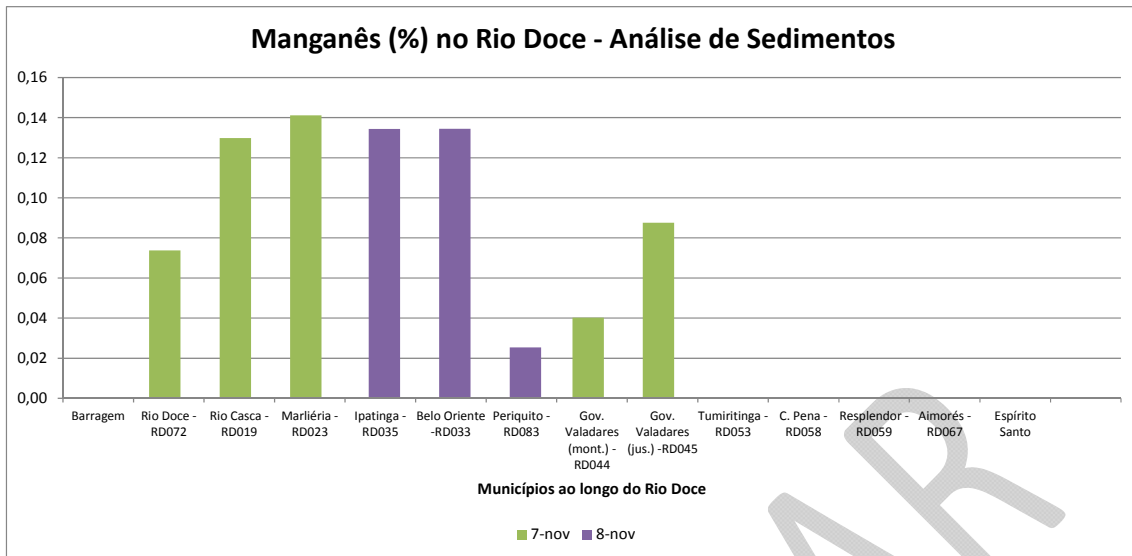
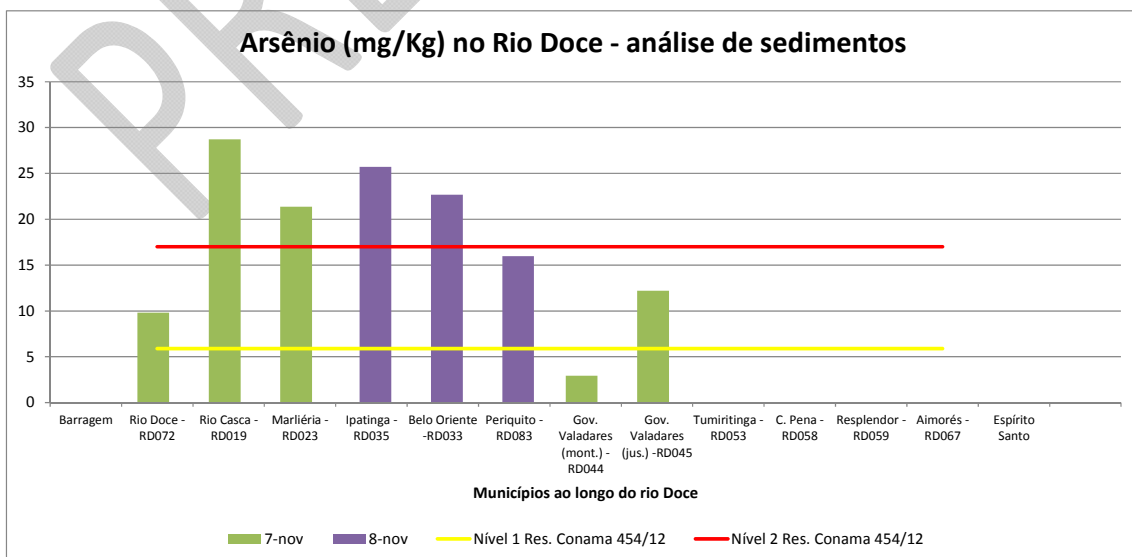


Figura 21: resultados de manganês nos sedimentos do rio Doce.



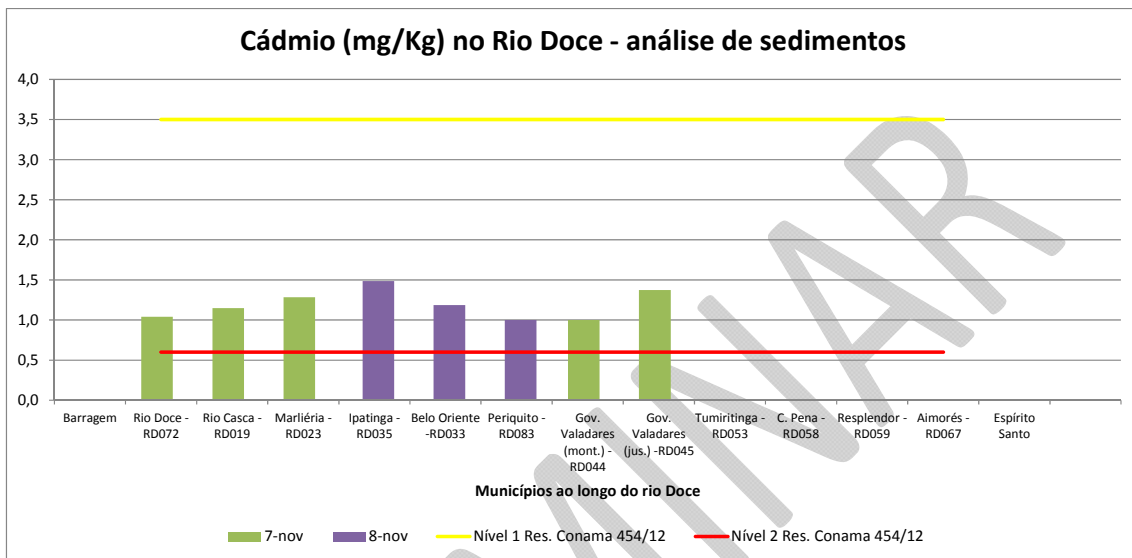
Os resultados de arsênio, cádmio, chumbo, cobre, cromo, mercúrio, níquel e zinco nos sedimentos obtidos até o momento para o monitoramento emergencial no rio Doce se referem aos dias 7 e 8 de novembro nos pontos de monitoramento localizados entre os municípios de Rio Doce (RD072) e Governador Valadares (RD045). Observa-se que os valores de arsênio se apresentaram acima do nível 1 da Resolução Conama 545/12 em todos os pontos monitorados neste trecho, a exceção do ponto localizado em Governador Valares (RD044) que apresentou o valor de 2,94 mg/kg, sendo que o nível 1 é de 5,9. Ressalta-se que nos pontos localizados em Periquito (RD083) e a jusante de Governador Valadares (RD045), onde a lama do rejeito ainda não havia chegado até o dia 8, os valores de arsênio já se encontravam acima do nível 1. Esses resultados indicam que este metal já se encontrava depositado no leito do Rio Doce antes da chegada do material proveniente da barragem de rejeito.

Figura 22: resultados de arsênio nos sedimentos do rio Doce.



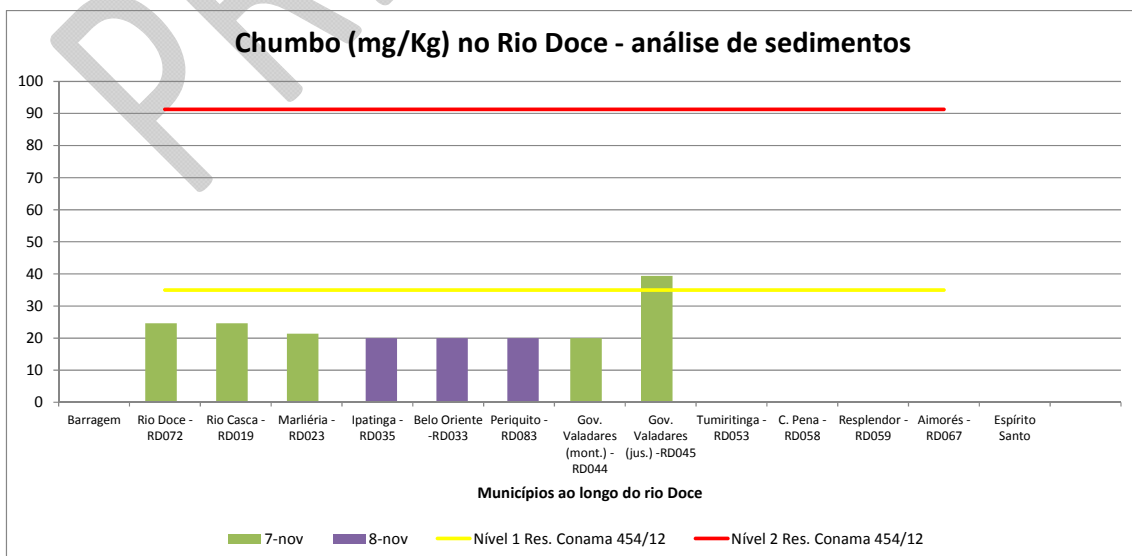
Com relação ao cádmio observa-se que os valores se apresentaram acima do nível 1 em todos os pontos de monitoramento localizados entre os municípios de Rio Doce (RD072) e Governador Valadares (RD045) nos dias 7 e 8 de novembro. Esses resultados demonstram que mesmo nos pontos em que a lama ainda não havia alcançado (entre os municípios de Periquito e Governador Valadares) os valores de cádmio nos sedimentos já se encontravam acima do Nível 1- limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota.

Figura 23: resultados de cádmio nos sedimentos do rio Doce.



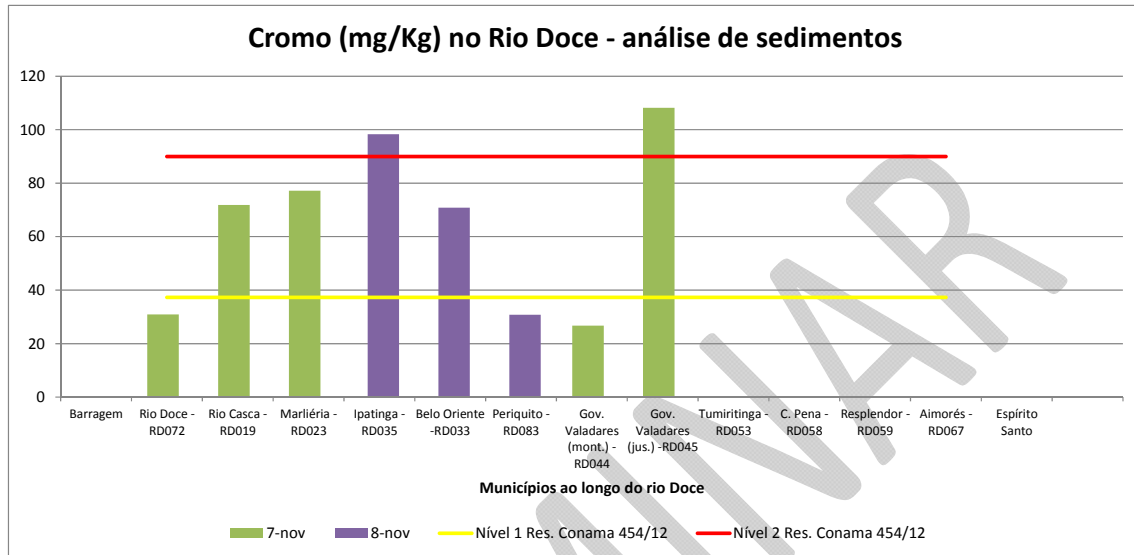
Na Figura 24 são apresentados os resultados de chumbo para os pontos localizados entre os municípios de Rio Doce (RD072) e Governador Valadares (RD045), nos dias 7 e 8 de novembro. Observa-se que os valores de chumbo ultrapassaram o Nível 1 somente no ponto localizado a jusante de Governador Valadares (RD045). Verifica-se que nos pontos localizados entre os municípios de Rio Doce (RD072) e Belo Oriente (RD033), onde a lama já havia chegado, os valores de chumbo nos sedimentos estiveram abaixo do Nível 1.

Figura 24: resultados de chumbo nos sedimentos do rio Doce.



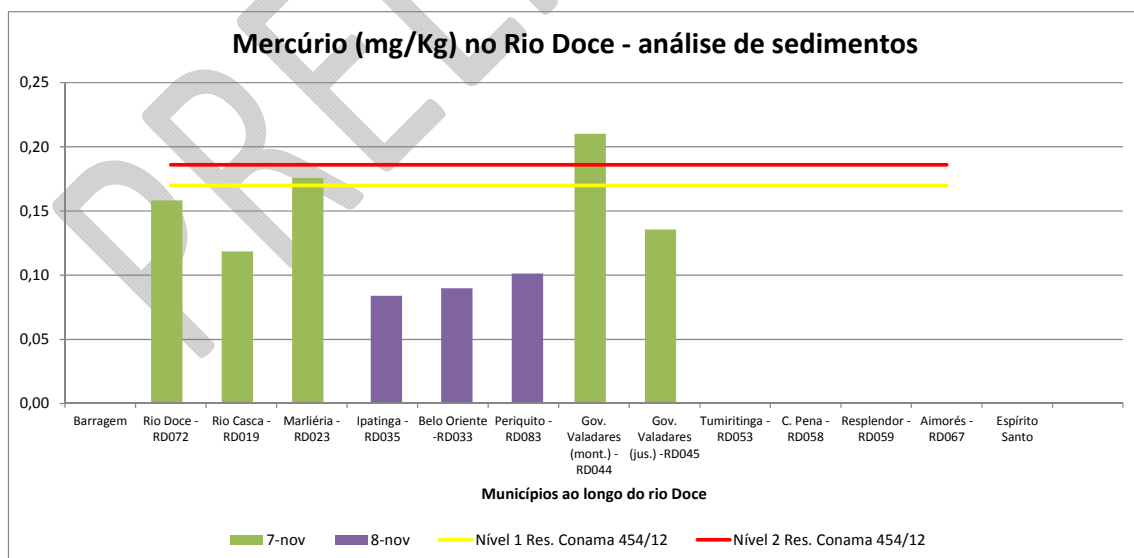
Na Figura 26 são apresentados os resultados de cromo nas amostras de sedimentos da calha do rio Doce entre os municípios de Rio Doce (RD072) e Governador Valadares (RD045). Os valores de cromo se apresentaram acima do nível 1 da Resolução Conama 545/12 nas estações de monitoramento localizadas nos municípios de Rio Casca (RD019), Marliéria (RD023), Ipatinga (RD035), Belo Oriente (RD033) e a jusante de Governador Valadares (RD045).

Figura 26: resultados de cromo nos sedimentos do rio Doce.



Com relação aos resultados de mercúrio nos sedimentos, apresentados na Figura 27, verifica-se ultrapassagem do nível 1 somente nas estações localizadas nos municípios de Marliéria (RD023) e Governador Valadares (RD044).

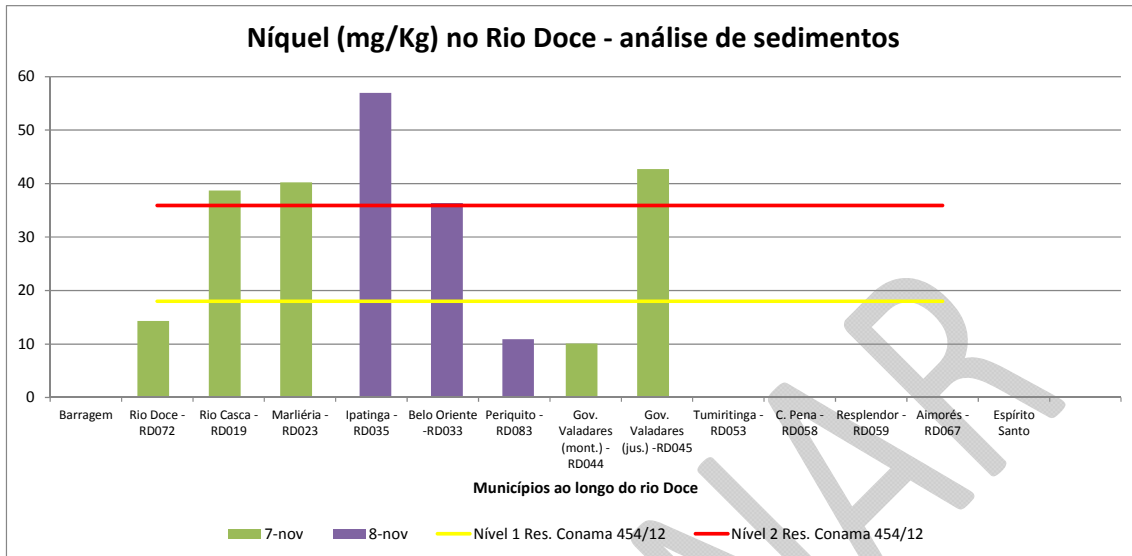
Figura 27: resultados de mercúrio nos sedimentos do rio Doce.



Os resultados de níquel nos sedimentos são apresentados na Figura 28. Os valores de níquel se comportaram de maneira semelhante ao cromo, apresentando valores acima do nível 1 da Resolução Conama 545/12 nas mesmas estações de monitoramento, quais sejam: Casca

(RD019), Marliéria (RD023), Ipatinga (RD035), Belo Oriente (RD033) e a jusante de Governador Valadares (RD045).

Figura 28: resultados de cádmio nos sedimentos do rio Doce.



Nas Figuras 29 e 30 são apresentados os resultados de cobre e zinco para os pontos localizados entre os municípios de Rio Doce (RD072) e Governador Valadares (RD045). Os valores de cobre e zinco nos sedimentos estiveram abaixo do Nível 1 em todos os pontos monitorados nos 7 e 8 de novembro.

Figura 29: resultados de cobre nos sedimentos do rio Doce.

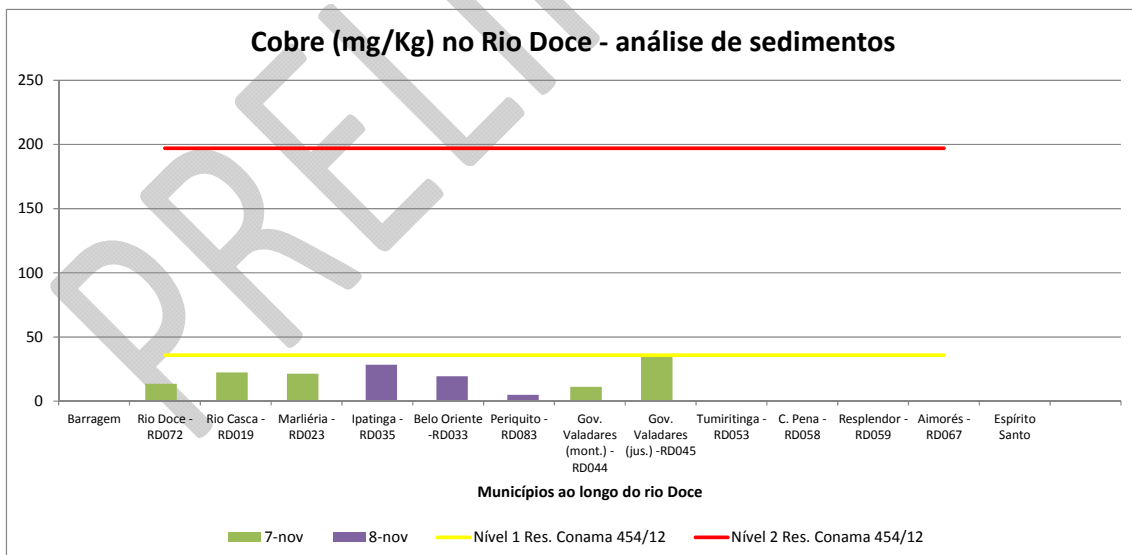


Figura 30: resultados de zinco nos sedimentos do rio Doce.

