

**IV-097 - AVALIAÇÃO DA VARIAÇÃO DO PARÂMETRO TURBIDEZ NO RIO GUALAXO DO NORTE APÓS O ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO NO DISTRITO DE BENTO RODRIGUES – MARIANA/MG (ESTUDO DE CASO)**

**Thamires Noelle Oliveira Santos<sup>(1)</sup>**

Engenheira Ambiental pela Faculdade Pitágoras de Belo Horizonte

**Valter de Souza Lucas Júnior<sup>(2)</sup>**

Engenheiro Civil pelo Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix. Tecnólogo em Processos Gerenciais pela FATEC SENAI. Especialista em Engenharia Sanitária e Tecnologia Ambiental pela UFMG. Master em Engenharia de Produção pela Faculdade Pitágoras. Mestrando em Saneamento pela UFMG.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Maranata, 179 – Campo Alegre – Belo Horizonte – Minas Gerais - CEP: 31730-060 - Brasil - Tel: +55 (31) 97574-4463 - e-mail: [noelle-oliveira@hotmail.com](mailto:noelle-oliveira@hotmail.com)

## RESUMO

O rompimento da barragem de Fundão ocorrido em 2015, na Cidade de Mariana/MG, culminou no maior desastre socioambiental da história brasileira e suscitou na contaminação de mais de 600 quilômetros de rios, com lama de rejeitos proveniente da mineração de ferro. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi analisar a variação dos níveis de turbidez (devido ao seu caráter indicativo e prático da determinação da qualidade da água) no rio Gualaxo do Norte (um dos mais afetados pelo lamaçal e sedimentos carregados) encontrados no período entre novembro de 2015 a janeiro de 2017, e buscar justificá-la. Complementarmente, buscou-se investigar os possíveis impactos, em função da descarga de toda esta lama ao corpo hídrico.

A metodologia baseou-se na coleta e comparação de informações e resultados, retiradas dos relatórios de monitoramento emergenciais da qualidade das águas superficiais do Rio Doce, no Estado de Minas Gerais e realizado pelo IGAM – Instituto Mineiro de Gestão de Águas. A implantação da estação de monitoramento no rio Gualaxo do Norte iniciou-se somente a partir de 25 de novembro de 2015 – em decorrência do acidente, o que impossibilitou a comparação dos resultados com informações históricas do próprio rio. Sendo assim, o estudo baseou-se nos valores limites estabelecidos para sua Classe (II) para contraposição dos dados.

Os valores de turbidez variaram entre 32.510 a 74 Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU) ao longo dos nove primeiros meses de monitoramento, sendo este último abaixo do limite disposto pelo CONAMA 357/2005, para rios Classe II. Porém, no período chuvoso, iniciado no mês de novembro de 2016, os resultados voltaram a apresentar valores elevados (máxima de 4105 NTU).

Haja vista que a suposta precipitação de sólidos suspensos possa ter corroborado para a drástica diminuição da turbidez, verifica-se a fragilidade no embasamento da determinação da qualidade deste rio visando somente este parâmetro, tornando assim a determinação de sólidos crucial e indispensável ao seu monitoramento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Rio Gualaxo do Norte, Qualidade de Água, Turbidez, Rompimento da barragem de Fundão.

## INTRODUÇÃO

A turbidez é um parâmetro físico relacionado à água, e considerada um dos principais para a determinação de sua qualidade, principalmente àquelas destinadas ao consumo humano, e está relacionada à capacidade ótica de absorção e reflexão da luz, e não depende tão somente da concentração dos sedimentos em suspensão, mas também de aspectos como tamanho, composição mineral, cor e quantidade de matéria orgânica (LIBÂNIO, 2010).

Inicialmente, respondem pela turbidez de águas naturais, em geral, sólidos em suspensão provenientes da erosão dos solos (especialmente nos períodos chuvosos, onde as águas pluviais carregam quantidades significativas de material sólido para os corpos d'água), plânctons, microorganismos e matéria orgânica e inorgânica particulada. No entanto, as ações antrópicas, como as atividades de mineração, lançamento de esgotos domésticos e efluentes industriais, são as principais e mais importantes fontes da elevação da turbidez das águas.

A alta turbidez e cor verdadeira acarretam a elevação de custos relacionados ao tratamento de água em ETAS [por requererem maior quantidade de produtos químicos (como coagulantes), e/ou reduzirem a carreira de filtração dos filtros] para adequá-la ao padrão de potabilidade vigente. Ademais, perturbam a preservação dos organismos aquáticos, a utilização industrial das águas, as atividades de recreação, além de alterar a harmonia paisagística da região onde se encontra o curso d'água.

No dia 05 de novembro de 2015, com o rompimento da barragem de Fundão, cerca de 50 milhões de metros cúbicos de rejeitos de mineração de ferro foram lançados no meio ambiente, alcançando toda a extensão do rio Doce. Primeiramente, toda esta lama alcançou a barragem de Santarém, mais à jusante, transpondo seu limite e forçando a passagem de uma onda de lama por 55 km no rio Gualaxo do Norte, até desembocar no rio do Carmo (IBAMA, 2015). A inserção de toda esta lama no leito do rio provocou uma elevação drástica dos níveis de turbidez, chegando a valores aproximados de 32.500 NTU no rio Gualaxo do Norte, um dos mais afetados com o episódio (GOVERNO DE MG et al, 2016).

O rio Gualaxo do Norte encontra-se na região Leste Sudeste do Quadrilátero Ferrífero (QF), Minas Gerais – Brasil e é um subafluente do rio Doce (responsável pelo abastecimento de diversas cidades de Minas Gerais e Espírito Santo). Sua cabeceira está a uma altitude aproximada de 1380 metros, na Serra do Espinhaço, no município de Ouro Preto. Seu leito passa pelas cidades de Mariana e Barra Longa, desaguando no rio do Carmo a uma altitude de 390 metros. Além disso, suas águas são utilizadas para a geração de energia elétrica por uma pequena central hidrelétrica, a PCH Bicas, com autonomia de 1560 kW de potência instalada, localizada no município de Mariana.

Todas as águas pertencentes à bacia do Doce, como o rio Gualaxo do Norte, são consideradas classe II e são destinadas principalmente ao abastecimento humano (após tratamento convencional), à proteção da vida aquática, aos usos não consultivos de contato primário e à criação de espécies para consumo humano e à irrigação, não devendo exceder 100 NTU.

À vista disso, objetivou-se avaliar e comparar os valores de turbidez (obtidos pelo laboratório do Instituto Mineiro de Gestão de Águas – IGAM) em momentos posteriores à contaminação por lama de rejeitos oriunda da barragem de Fundão com os valores limites estabelecidos pela Deliberação Normativa Conjunta Copam/CERH-MG 01/2008 (DN 01/08) e identificar possíveis causas para as drásticas oscilações encontradas. E ainda, verificar os possíveis impactos para a qualidade das águas do rio Gualaxo do Norte, em virtude do volume de sólidos incorporado ao mesmo.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Esta pesquisa refere-se a estudo de caso produzido no rio Gualaxo do Norte, após a contaminação por lama de rejeitos de mineração de ferro, e estruturada através da coleta de informações (retiradas dos relatórios de monitoramento emergenciais da qualidade das águas superficiais do Rio Doce, no Estado de Minas Gerais e elaborados pelo IGAM) do parâmetro turbidez e sólidos (totais, suspensos totais e dissolvidos) encontrados imediatamente após o rompimento da barragem de Fundão e de dados periódicos.

Desde 1997 o IGAM, através do programa Águas de Minas, mantém diversos pontos de coleta ao longo da bacia do Doce, para monitoramento constante de sua qualidade. No entanto, o rio Gualaxo do Norte não era contemplado nestas verificações, sendo integrado pontos em sua calha em decorrência do desastre. Desta forma, adotaram-se os valores limites estabelecidos pela DN 01/08 para rios de Classe II, para fins comparatórios.

Integrou-se também como parte deste estudo, revisão bibliográfica sobre a qualidade das águas, parâmetros físico-químicos da água, preservação e conservação de recursos hídricos, turbidez, relatórios de qualidade das águas da bacia do rio Doce, relatórios sobre o rompimento da barragem de Fundão, laudos técnicos de órgãos públicos e privados, e outros trabalhos envolvendo estudos relacionados ao rio Gualaxo do Norte.

É importante salientar, que devido ao fato recente e relativamente pouco difundido, a fonte literária disponível a respeito do incidente demonstrou-se ainda escassa, limitando o vasto uso de autores para esta pesquisa.

## IMPACTOS À QUALIDADE DO RIO

A contaminação de rios com lama de rejeitos de mineração pode modificar a qualidade das águas e/ou provocar a mortandade de organismos aquáticos (em particular peixes e invertebrados).

No que tange à qualidade do afluente, as principais alterações esperadas são na turbidez e nos parâmetros físico-químicos, como: pH e condutividade elétrica, sais solúveis, alcalinidade, óleo, graxa e reagentes orgânicos, além de alterações nas concentrações de metais pesados, como: Cádmio (Cd), Níquel (Ni), Cromo (Cr), Cobalto (Co), Mercúrio (Hg), Vanádio (V), Zinco (Zn), Arsênio (As), Chumbo (Pb), Cobre (Cu) e Lítio (Li), a depender do tipo de minério e outras substâncias envolvidas nos processos de beneficiamento do mesmo.

Podem ocorrer também processos contínuos de assoreamento, motivados pelo arraste e deposição de sedimentos nos cursos d'água e potencializados com o carreamento natural de partículas provenientes da erosão do solo. Tal fenômeno ocorre devido a perda da capacidade natural de transporte das partículas em suspensão em direção ao exutório. A devastação da cobertura vegetal da bacia onde se insere o curso d'água e da mata ciliar podem intensificar ainda mais o problema do assoreamento, principalmente em períodos chuvosos (IBAMA, 2015).

Outro problema associado é com relação ao revolvimento do material já sedimentado na calha de rios ao longo de vários anos, suspendendo substâncias (como metais e metais pesados) e tornando-as biodisponíveis na coluna d'água.

Deve-se também prever com este tipo de contaminação, alterações não somente na qualidade da água, mas também na quantidade, bem como a suspensão de seus usos para a população e a fauna, como no abastecimento e/ou na geração de energia elétrica e dessedentação (IBAMA, 2015).

Associado a estas perturbações, têm-se ainda a aniquilação da ectiofauna, já que a carga de resíduos sólidos é capaz não só de soterrar estes seres, mas propiciar o processo de “colabamento” ou fechamento das brânquias dos peixes, que morrem por asfixia.

Dos principais problemas motivados pela contaminação por lama da barragem de Fundão no rio Gualaxo do Norte, podem ser comprovados (até o momento):

- A alteração de cor e aumento da turbidez do rio (propiciada pela alta concentração de sólidos, evidenciada na Figura 1):



**Figura 1: Rio Gualaxo do Norte após a contaminação por lama**



- A destruição da mata ciliar (Figuras 2 e 3):



**Figura 2: Evidência da destruição da mata ciliar do rio Gualaxo do Norte após a contaminação por lama**

- O extermínio de grande parte da comunidade aquática (patenteado pela Figura 4):

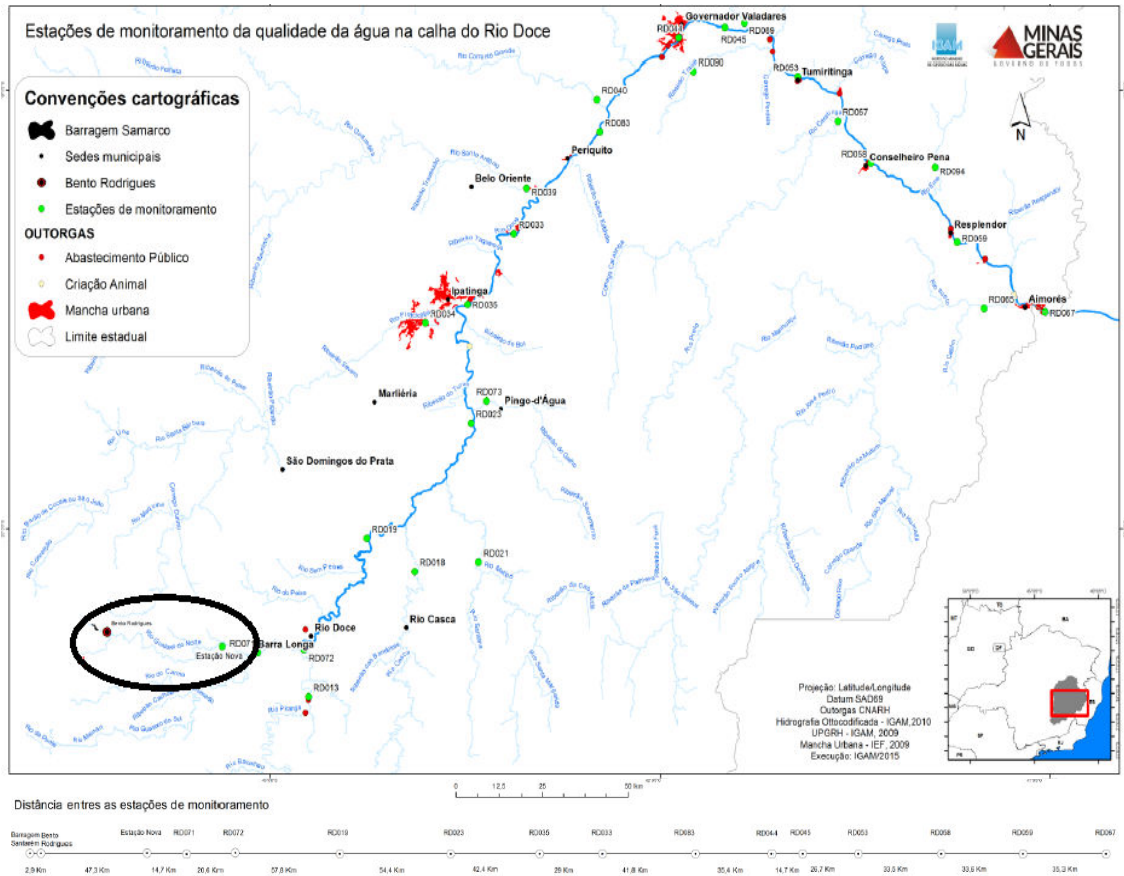


**Figura 4: Evidência da aniquilação da ectiofauna no rio Gualaxo do Norte pós desastre**

## **RESULTADOS DOS DADOS DE MONITORAMENTO DOS PARÂMETROS TURBIDEZ E SÓLIDOS (TOTAIS, SUSPENSOS TOTAIS E DISSOLVIDOS)**

Com o propósito de se dimensionar a variação nos níveis de turbidez do rio Gualaxo do Norte, são apresentados a seguir os valores encontrados após o rompimento da barragem de Fundão e o padrão legal permitido para rios Classe II. Além disso, são demonstrados também, os resultados obtidos para sólidos totais, sólidos em suspensão totais e sólidos dissolvidos, na intenção de correlaciona-los com as alterações dos níveis de turbidez detectadas no período investigado.

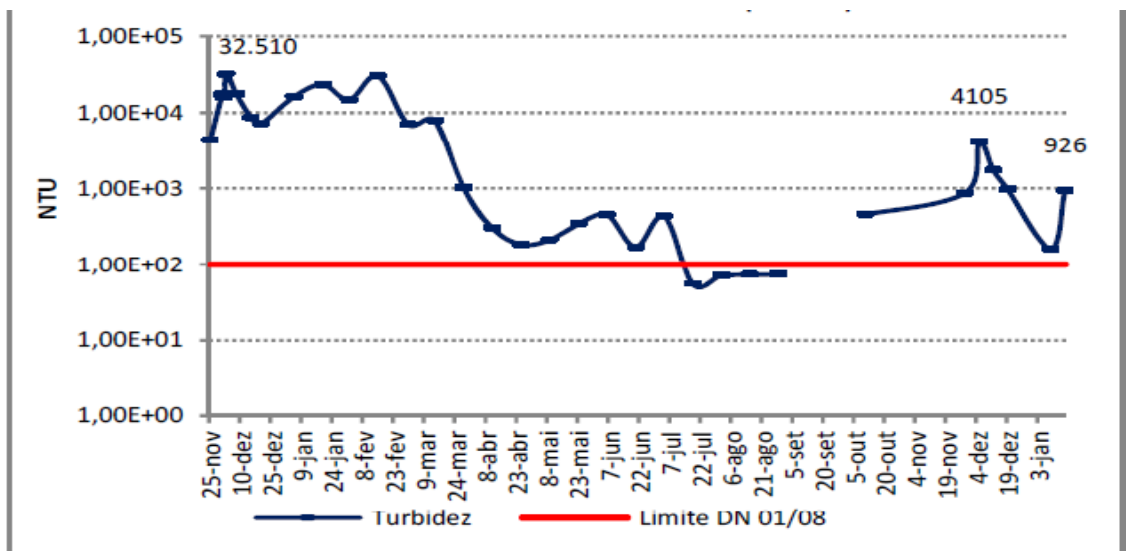
Abaixo, mapa representativo dos pontos de monitoramento da qualidade da água na calha do rio Doce, com destaque ao ponto no rio Gualaxo do Norte e a barragem rompida (Figura 5).



**Figura 5: Localização geográfica das estações de monitoramento na calha do rio Doce e dos pontos de captação de água para abastecimento.**

• **TURBIDEZ**

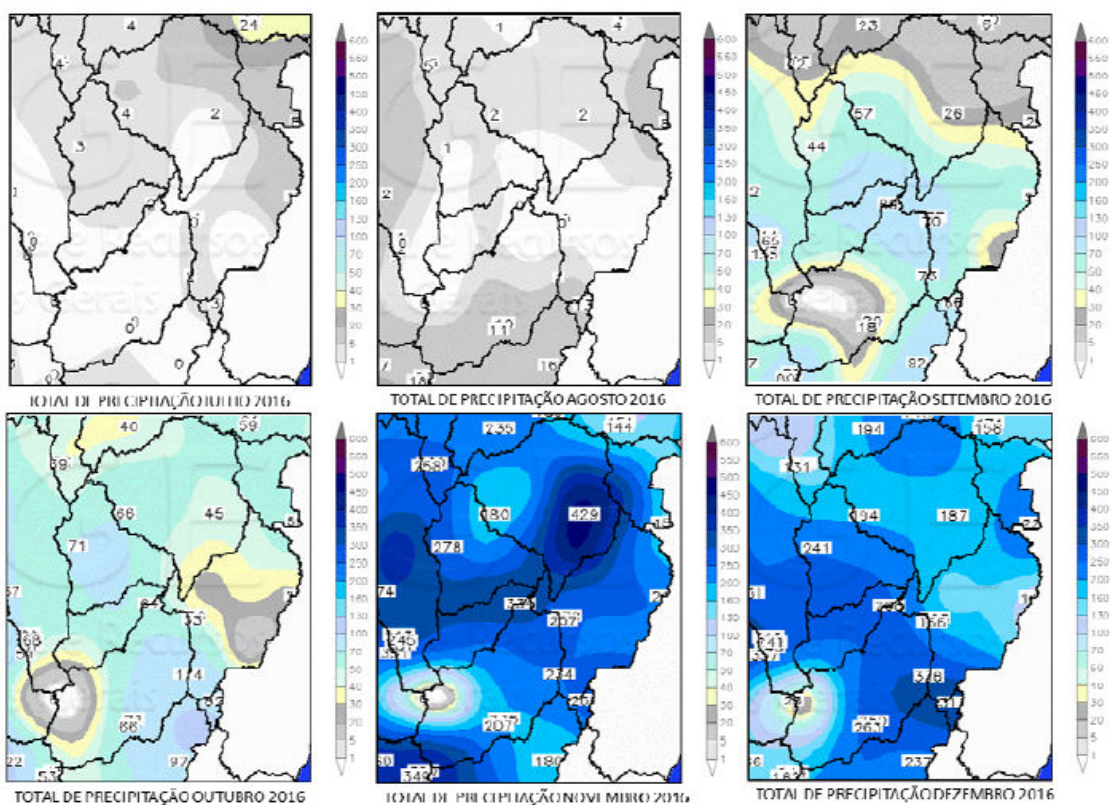
O gráfico representado na Figura 6 abaixo, demonstra os resultados obtidos para o parâmetro turbidez no período de novembro de 2016 a janeiro de 2017.



**Figura 6: Turbidez - rio Gualaxo do Norte**

É possível verificar que logo após a contaminação por lama, o rio Gualaxo do Norte apresentou resultados de turbidez até 325 vezes superiores ao Limite DN 01/08, que se mantiveram elevados nos quatro primeiros meses, apresentando queda gradativa nos meses consecutivos. Esta tendência mostrou-se descontinuada com o início do período chuvoso (novembro de 2016), que propiciou nova ascensão dos resultados. O histórico pluviométrico do segundo semestre de 2016 exposto abaixo através da Figura 7 (também retirado do último Relatório Técnico de acompanhamento da Qualidade das Águas do Rio Doce produzido pelo IGAM), é capaz de corroborar esta assertiva.

É importante salientar que naturalmente, em períodos chuvosos, é de se esperar que a turbidez de rios apresente elevações, devido aos sedimentos carreados no processo de lixiviação que ocorre às margens dos mesmos. No entanto, a degradação da mata ciliar e o volume de sedimentos depositados no leito do rio, podem ter impulsionado tais resultados.



**Figura 7: Histórico pluviométrico (segundo semestre 2016) na bacia do rio Doce.**

- **SÓLIDOS (TOTAIS, EM SUSPENSÃO TOTAIS E DISSOLVIDOS)**

Adiante, representados pelas Figuras 8,9 e 11, são ostentados os resultados para sólidos totais, sólidos em suspensão totais e sólidos dissolvidos, respectivamente.



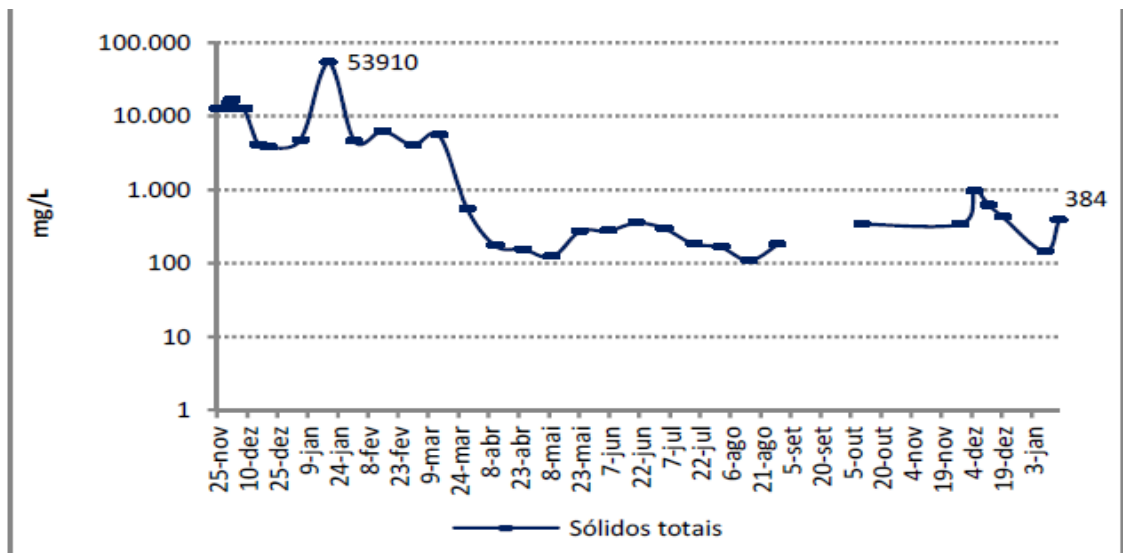


Figura 8: Sólidos totais - rio Gualaxo do Norte

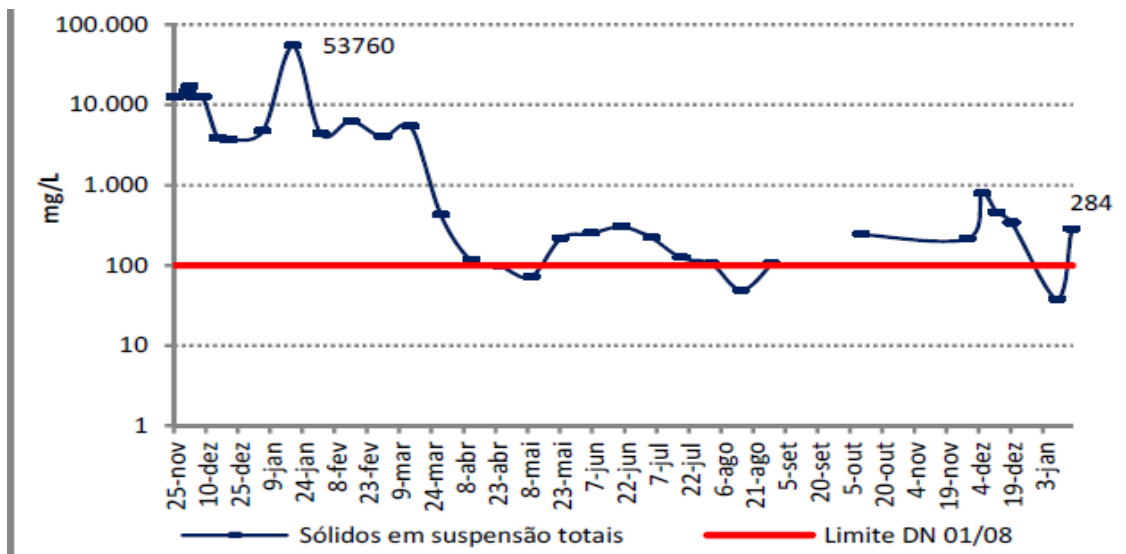


Figura 9: Sólidos em suspensão totais - rio Gualaxo do Norte

Ambos os gráficos de sólidos totais e em suspensão totais (Figuras 8 e 9, respectivamente), apresentam um perfil descendente nos primeiros seis meses, comportamento explicado pela deposição de sólidos que ocorre naturalmente em função do tempo. Também em função do fator pluviométrico, houveram alterações significativas de resultados a partir de dezembro de 2016, possivelmente pelo incremento de novas partículas provenientes do processo de lixiviação (ainda maior devido a exposição das margens do rio após o desastre), além do revolvimento das partículas já sedimentadas na ocorrência do aumento de volume de água na calha.

Também, apresentam curva confluyente com o de turbidez (Figura 6), manifestando a existência de correlação entre tais parâmetros. Tal afirmativa fundamenta-se através do gráfico de dispersão (Figura 10) apontado em sucessão, e na premissa de outros autores que sugerem este paralelismo.

Infer-se então que pela congruência da curva do gráfico de sólidos totais com o de sólidos suspensos totais, este último foi responsável por grande parte da porção total de sólidos presentes no corpo d'água, conferindo assim o aumento demasiado da turbidez neste rio.

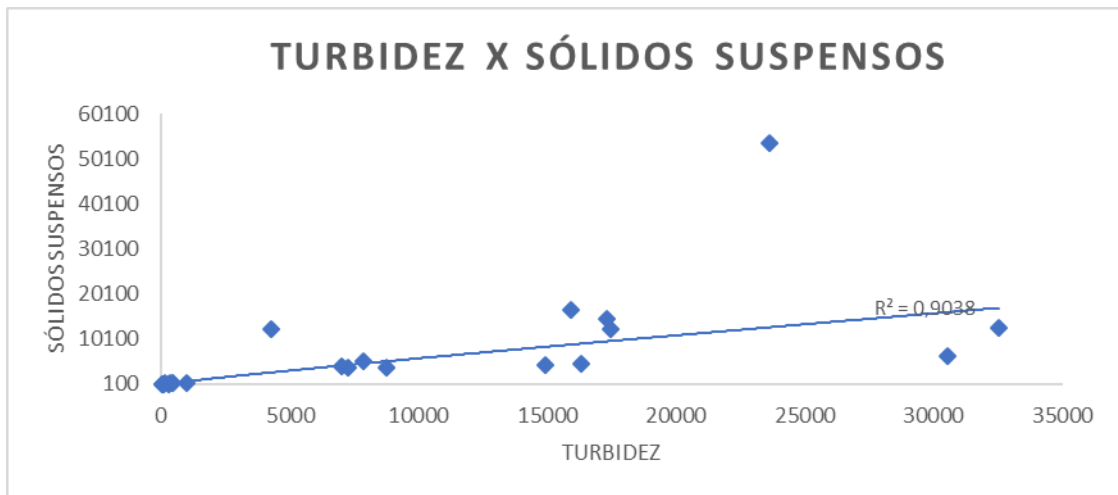


Figura 10: Correlação Turbidez x Sólidos Suspensos – rio Gualaxo do Norte

Em contraposição, tem-se os resultados de sólidos dissolvidos totais (Figura 11), cujos dados mantiveram-se todos abaixo do Limite DN 01/08, solidificando ainda mais a afirmativa a respeito da porção de sólidos suspensos totais por fazer predominantemente o volume de sólidos totais presentes na massa líquida.

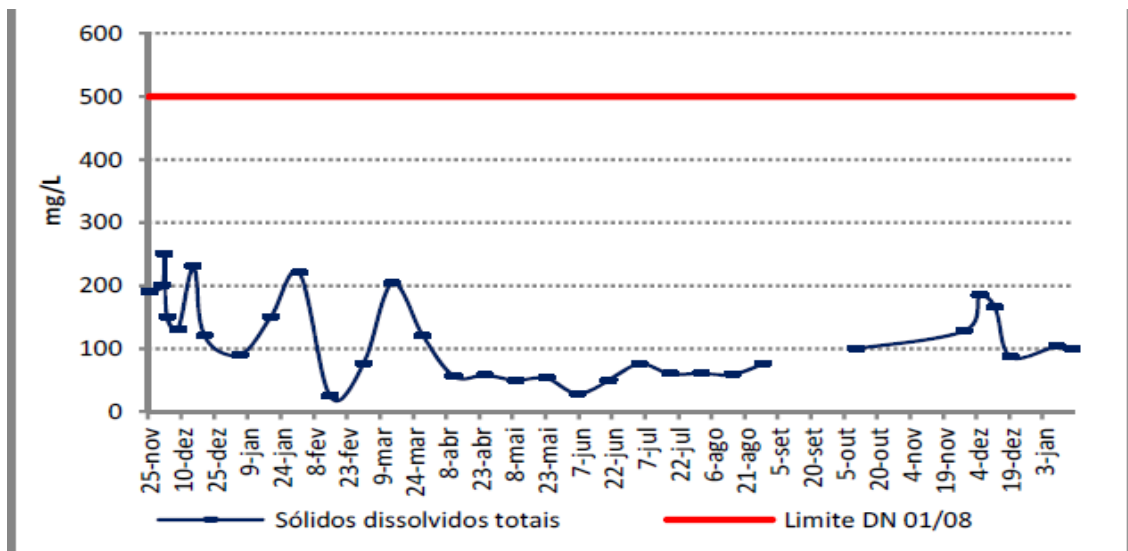


Figura 11: Sólidos dissolvidos – rio Gualaxo do Norte

## CONCLUSÕES

A lama de rejeitos oriunda da barragem de Fundão em Mariana/MG desencadeou uma radical alteração do parâmetro turbidez no rio Gualaxo do Norte.

Em relação aos principais impactos causados, destaca-se a alteração de cor e turbidez do manancial, a destruição da mata ciliar e o extermínio de grande parte da comunidade aquática. Contudo, a perenidade destas consequências e o surgimento de outras mais, só poderão ser efetivamente mensuradas ao longo do tempo, através da ação prolongada de monitoramento do rio.

Quanto a variação do parâmetro turbidez no intervalo avaliado, constata-se que a redução ocorrida ao longo dos primeiros meses pode ter sido causada, em grande parte, pela deposição das partículas suspensas na calha do rio. Em condições chuvosas (iniciada no final de 2016 e mantida até a última análise disponível), houve o revolvimento do material de fundo, além da contribuição trazida com a própria chuva, que elevaram mais uma vez esses níveis.



Este comportamento, ao longo do tempo, pode favorecer processos tão ou mais prejudiciais aos já evidenciados, como o assoreamento, desvio de seu curso natural e alteração de sua vazão média. Sendo assim, assegura-se dizer que apesar da redução aceitável dos níveis de turbidez no rio Gualaxo do Norte, e que são muito positivas principalmente na perspectiva do tratamento para abastecimento humano e nos usos para geração de energia (que operam melhor a níveis de turbidez mais baixos), o problema não está resolvido.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. BRASIL, Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Classificação de águas doces, salobras e salinas do Território Nacional. Publicado no D.O.U.
2. INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS, DIRETORIA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL, COORDENAÇÃO GERAL DE EMERGÊNCIAS AMBIENTAIS. Laudo Técnico Preliminar: Impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais. 2015.
3. LIBÂNIO, M. Fundamentos de Qualidade e Tratamento de água. Campinas: Átomo, 2010.
4. GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS, SECRETARIA DE ESTADO DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL, POLÍTICA URBANA E GESTÃO METROPOLITANA. Relatório: Avaliação dos efeitos e desdobramentos do rompimento da Barragem de Fundão em Mariana-MG. 2016.
5. GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS, SISTEMA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE, INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DE ÁGUAS, GERÊNCIA DE MONITORAMENTO DE QUALIDADE DAS ÁGUAS. Relatório Técnico: Acompanhamento da Qualidade das Águas do Rio Doce Após o Rompimento da Barragem da Samarco no distrito de Bento Rodrigues – Mariana/MG. 2017.