



Rio Doce em São Domingos do Prata, na comunidade de Sem Peixe — jul/2017

## *ENCARTE ESPECIAL SOBRE A QUALIDADE DAS ÁGUAS DO RIO DOCE APÓS 2 ANOS DO ROMPIMENTO DE BARRAGEM DE FUNDÃO - 2015/2017*

Belo Horizonte, outubro de 2017

**Sistema Estadual de Meio Ambiente  
Instituto Mineiro de Gestão das Águas**

 **Igam 20**  
Instituto Mineiro de Gestão das Águas **anos**

 **MINAS  
GERAIS**  
DIÁLOGO EQUILÍBRIO TRABALHO



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

# **ENCARTE ESPECIAL SOBRE A QUALIDADE DAS ÁGUAS DO RIO DOCE APÓS 2 ANOS DO ROMPIMENTO DE BARRAGEM DE FUNDÃO 2015-2017**

**Outubro de 2017**

**Belo Horizonte**

---

**SEMAD - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável**

---

**Secretário**

Jairo José Isaac

**Secretário Adjunto**

Germano Luiz Gomes Vieira

---

**IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas**

---

**Diretora Geral**

Maria de Fátima Chagas Dias

**Diretor de Planejamento e Regulação**

Thiago Figueiredo Santana

**Gerente de Monitoramento de Qualidade das Águas**

Katiane Cristina de Brito Almeida, Bióloga

## **REALIZAÇÃO:**

---

**IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas**

---

### **Diretor de Planejamento e Regulação**

Thiago Figueiredo Santana

### **Gerência de Monitoramento de Qualidade das Águas**

Katiane Cristina de Brito Almeida

### **Equipe Técnica**

Carolina Cristiane Pinto, Engenheira Química

Jean Lucca Gonzaga de Carvalho, graduando em Geologia

Luana Duarte Prates, graduanda em Geologia

Mariana Elissa Vieira de Souza, Geógrafa

Maricene Menezes de Oliveira Mattos Paixao, Geóloga

Matheus Duarte Santos, Geógrafo

Natália Manuele Gomes, graduanda em Engenharia Ambiental

Regina Márcia Pimenta Assunção, Bióloga

Sérgio Pimenta Costa, Biólogo

Vanessa Kelly Saraiva, Química

**APOIO:**

---

**Coletas de Amostras e Análises**

---

**Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial SENAI**

**Centro de Inovação e Tecnologia SENAI – Campus CETEC**

**Instituto Senai de Tecnologia em Meio Ambiente**

Marcos Bartasson Tannús - Diretor

Cláudia Lauria Fróes Siúves - Bióloga, Responsável Laboratório

Cláudia Márcia Perrout Cerqueira - Bióloga, Responsável Laboratório

Hanna Duarte Almeida Ferraz - Bióloga, Responsável Laboratório

Marina Miranda Marques Viana - Química, Responsável Qualidade

Mônica de Cassia Souza Campos - Bióloga, Responsável Laboratório

Nathália Mara Pedrosa Chedid - Bióloga, Responsável Laboratório

Patrícia Neres dos Santos - Química, Responsável Coleta

Patrícia Pedrosa Marques Guimarães - Química, Coordenadora do Projeto

Samuel Rodrigues Castro – Químico, Responsável Laboratório

Zenilde Das Graças Guimarães Viola - Química, Responsável Laboratório

**Instituto Senai de Tecnologia em Química**

Olguita G. Ferreira Rocha, Química e Bioquímica Farmacêutica - Diretora

Renata Vilela Cecílio Dias - Química, Responsável Laboratório

Elisângela Dias Gomes - Eng. Química, Responsável Qualidade

## 1. Histórico do Monitoramento Especial do rio Doce

No dia 05 de novembro de 2015, a Barragem do Fundão, pertencente à Samarco Mineração S.A., localizada no distrito de Bento Rodrigues, município de Mariana, se rompeu. O barramento, classificado como Classe III, de alto potencial de dano ambiental, era destinado a receber e armazenar o rejeito gerado pela atividade de beneficiamento de minério de ferro. O rompimento da Barragem de Fundão causou diversos impactos socioeconômicos e ambientais na bacia do rio Doce, com várias implicações na qualidade da água na Bacia Hidrográfica do Rio Doce, inclusive em toda a extensão do Rio Doce.

No âmbito do monitoramento da qualidade das águas, a partir do dia **7 de novembro de 2015, o Igam, iniciou as coletas em 12 pontos da calha do rio Doce**, sendo estes pontos coincidentes com os pontos do monitoramento executados no programa Águas de Minas. A seleção dos pontos de monitoramento teve o intuito de facilitar a interpretação dos resultados, uma vez que já existe série histórica robusta (cerca de 20 anos) e seria possível uma comparação com os dados de monitoramento já realizada pelo Igam ao longo dos últimos anos. Devido ao volume de rejeitos e dificuldade de acesso nos pontos de monitoramento do rio do Carmo, o monitoramento neste rio teve início somente a partir do dia 21 de novembro de 2015.

Para a avaliação da qualidade águas superficiais, no âmbito desse monitoramento, foram **selecionados 18 parâmetros**: condutividade elétrica *in loco*, oxigênio dissolvido, pH *in loco*, 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. Além disso, foi implantado em **25 de novembro de 2015** um ponto de monitoramento no **rio Gualaxo do Norte (RD011)** e, para subsidiar as interpretações e tomadas de decisão, foi realizada análise de metais em sedimentos. Dessa maneira, a rede dedicada ao **monitoramento especial do rio Doce totaliza 14 estações, sendo 12 na calha do rio Doce e duas em seus afluentes: Rio do Carmo e Rio Gualaxo do Norte.**

O Igam desde o rompimento da Barragem de Fundão até os dias atuais vem realizando de forma sistemática o monitoramento na bacia do rio Doce, consolidando periodicamente os dados na forma de relatórios técnicos e boletins informativos, com o intuito de orientar as ações dos órgãos competentes, tanto na esfera estadual quanto na nacional, bem como para fornecer à sociedade o conhecimento da situação da qualidade das águas atingidas pelo desastre.

Na Tabela 1 são apresentadas as estações de amostragem do monitoramento especial. A localização geográfica dessas estações de monitoramento, bem como a distância, em km, entre elas pode ser visualizada no mapa da Figura 1.

# INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS

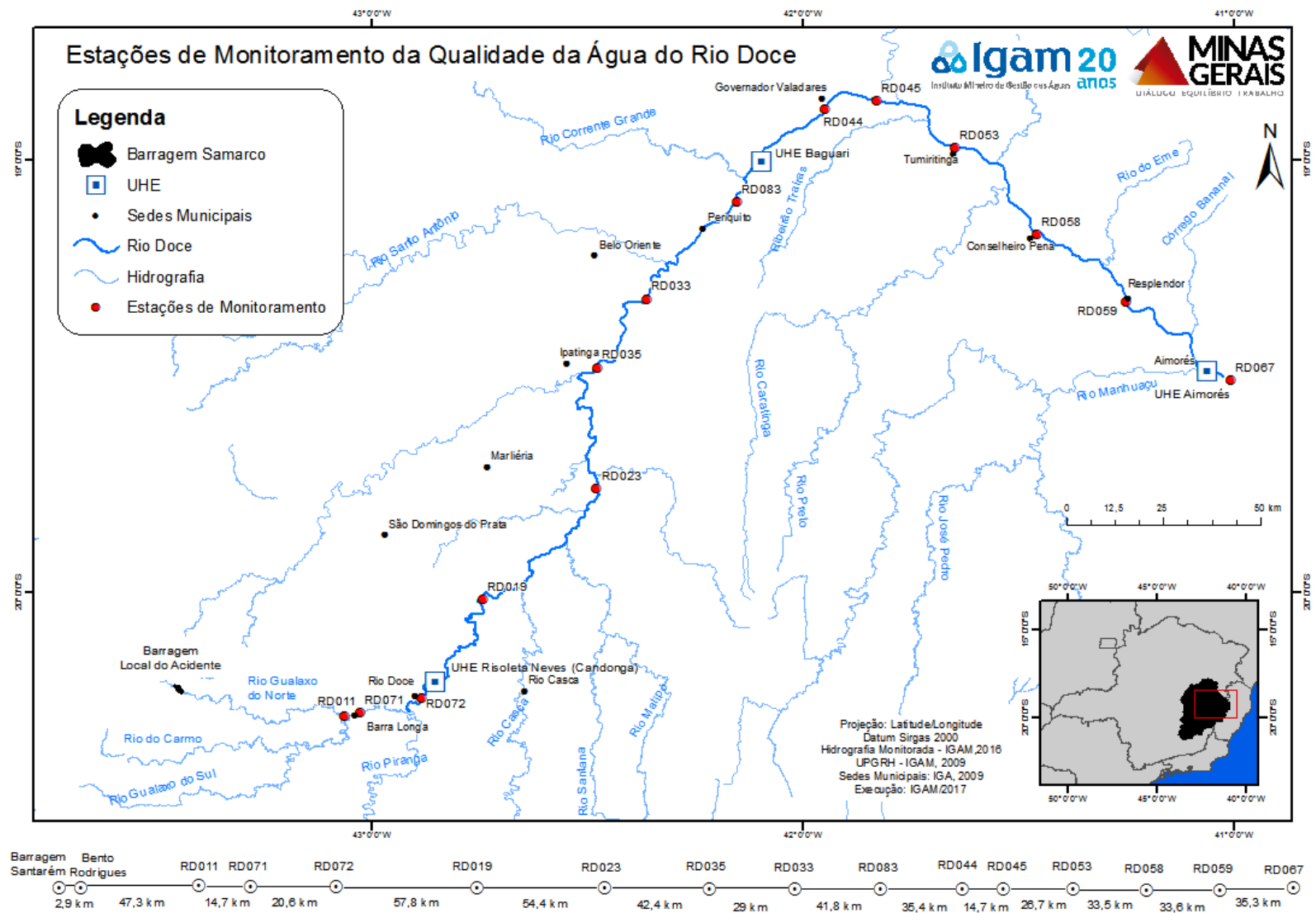
**Tabela 1: Descrição das estações de monitoramento avaliadas no rio Doce.**

Estações	Município	Descrição	Latitude (S)	Longitude (W)
RD011	Barra Longa	Rio Gualaxo do Norte próximo de sua foz no rio do Carmo, município de Barra Longa	20° 17' 9,81"	43° 3' 57,02"
RD071	Barra Longa	Rio do Carmo em Barra Longa	20° 16' 58,0"	43° 01' 56,00"
RD072	Rio Doce	Rio Doce no município de Rio Doce	19° 14' 51,00"	42° 53' 07,00"
RD019	Rio casa e São Domingos do Prata	Rio Doce entre os municípios de Rio Casca e São Domingos do Prata	20° 0,1' 18,0"	42° 45' 0,80"
RD023	Marliéria e Pingo d'Água	Rio Doce entre os municípios de Marliéria e Pingo D'Água	19° 45' 35"	42° 29' 0,600"
RD033	Belo Oriente	Rio Doce no município de Belo Oriente	19° 19' 38,93"	42° 22' 32,97"
RD035	Ipatinga	Rio Doce no município de Ipatinga	19° 29' 18,99"	42° 29' 38,99"
RD083	Periquito	Rio Doce logo a jusante do município de Periquito	19° 5' 42,19"	42° 9' 17,1"
RD044	Governador Valadares	Rio Doce na cidade de Governador Valadares	18° 53' 0"	41° 57' 10,00"
RD045	Governador Valadares	Rio Doce no município de Conselheiro Pena	18° 51' 36,19"	41° 50' 1,35"
RD053	Tumiritinga	Rio Doce no município de Tumiritinga	18° 58' 10,19"	41° 38' 49,39"
RD058	Conselheiro Pena	Rio Doce no município de Conselheiro Pena	19° 9' 58,84"	41° 27' 35,69"
RD059	Resplendor	Rio Doce no município de Resplendor	19° 20' 45,71"	41° 14' 19,49"
RD067	Aimorés	Rio Doce no município de Aimorés	19° 30' 20,00"	41° 0' 47,00"



# INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS

Figura 1: Localização geográfica das estações de monitoramento especial do rio Doce.





## 2. Padrões de Qualidade de Água

Os limites para os parâmetros físico-químicos e biológicos são definidos segundo um sistema de classificação com base na qualidade da água requerida para os usos prioritários dos recursos hídricos. As águas do rio Doce **não possuem proposta de enquadramento** aprovada. Contudo, o artigo 42 da Resolução Conama nº 357/2005 e o artigo 37 da Deliberação Normativa Conjunta Copam/CERH-MG nº 01/2008 estabelecem: “*Enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas Classe 2 (...).*”. Sendo assim, as **águas do rio Doce são consideradas Classe 2.**

No âmbito do Estado de Minas Gerais, a norma correspondente à resolução acima citada é a **Deliberação Normativa Conjunta Copam/CERH-MG nº 01, de 5 de maio de 2008.** Vale destacar que não há diferenças entre a Resolução CONAMA nº 357/2005 e a Deliberação Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01/2008 para os limites para águas de Classe 2 em relação aos parâmetros discutidos neste documento (Tabela 2).

**Tabela 2: Limites para os parâmetros físico-químicos definidos segundo a Deliberação Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01/2008 dos limites para águas de Classe 2 em relação aos parâmetros discutidos neste Documento.**

Parâmetros	LIMITE DN COPAM/CERH-MG – 01/2008 - Classe 2
Alumínio Dissolvido	0,1 mg/L
Arsênio total	0,01 mg/L
Cádmio total	0,001mg/L
Chumbo total	0,01 mg/L
Cobre Dissolvido	0,009 mg/L
Cromo total	0,05 mg/L
Ferro Dissolvido	0,3 mg/L
Manganês total	0,1 mg/L
Mercúrio total	0,2 µg/L
Níquel total	0,025 mg/L
Oxigênio Dissolvido	> 5 mg/L
Sólidos em Suspensão totais	100 mg/L
Turbidez	100 NTU
Zinco total	0,18 mg/L

### 3. Análise da Qualidade da água do Rio Doce após o período de dois anos do rompimento de barragem da Samarco

O objetivo deste encarte é apresentar a evolução da qualidade das águas no rio Doce, decorridos dois anos de monitoramento, após o rompimento da barragem de Fundão, no distrito de Bento Rodrigues, município de Mariana.

Para avaliação que corresponde ao período de dois anos do rompimento da barragem de Fundão, dividiram-se os dados em dois períodos, a saber:

- 1º período pós-rompimento da Barragem de Fundão: 05/11/2015 a 04/11/2016
- 2º período pós-rompimento da Barragem de Fundão: 05/11/2016 a 10/08/2017

Esses períodos foram comparados com os dados da série histórica do Igam antes do rompimento da barragem (janeiro de 2000 a outubro de 2015).

Foram selecionados 15 (quinze) parâmetros para a avaliação da qualidade das águas superficiais: sólidos em suspensão totais, turbidez, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica *in loco* e arsênio total, bem como os metais: alumínio dissolvido, ferro dissolvido, manganês total, cobre dissolvido, chumbo total; cromo total, cádmio total, níquel total, mercúrio total e zinco, os quais podem estar diretamente relacionados aos impactos decorrentes do rompimento da barragem de Fundão. Foram elaborados gráficos de evolução espacial para ilustrar o comportamento dos resultados das médias por período analisado desses parâmetros em cada estação de monitoramento<sup>1</sup>.

Além disso, foram elaboradas tabelas descritivas dos comportamentos desses quinze parâmetros nos diversos pontos de amostragem, de acordo com seus valores máximos, médios e mínimos, na respectiva série histórica pré-rompimento da barragem, bem como no 1º e 2º períodos especificados. Esses valores são sinalizados de acordo com os limites definidos na normatização, como descrito na Tabela 2, acima. Esses sinais representam, na cor verde, aqueles valores que se encontrarem em conformidade com a norma; na cor amarela, aqueles que estiverem em desacordo com a norma, atingindo até duas vezes o correspondente limite; na cor vermelha, aqueles que estiverem entre acima de duas vezes e abaixo de quatro vezes o correspondente limite; e, na cor vermelha realçada, aqueles que estiverem acima de quatro vezes o limite. É necessário destacar que o parâmetro oxigênio dissolvido, ao contrário dos demais, apresenta limite mínimo, e não máximo. Por isso, a sinalização desse parâmetro tem um significado diferenciado. Assim, ao invés do método descrito acima, no que couber, o sinal amarelo indica valores até a metade do limite; o vermelho, valores até um quarto do limite; e o vermelho realçado, valores abaixo de um quarto do limite. Por fim, condutividade elétrica *in loco*, sendo um parâmetro sem limite na normatização, não é sinalizado. Toda essa explicação é ilustrada pela Tabela 3, abaixo. Os valores máximos, médios e





---

<sup>1</sup>As duas primeiras estações apresentadas nos gráficos estão localizadas nos rios Gualaxo do Norte e Carmo que foram os primeiros rios impactados seguidos pelo rio Doce.

# INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS

mínimos dos parâmetros, de acordo com o trecho e o período monitorados serão apresentados no Anexo I.

**Tabela 3: sinalização e significado dos valores expressos nas tabelas do Anexo I.**

Sinal	Significado*
	Valor em conformidade com a norma, para o parâmetro
	Valor em desconformidade com a norma, atingindo até 2 vezes o limite
	Valor em desconformidade com a norma, acima de 2 vezes e até 4 vezes o limite
	Valor em desconformidade com a norma, acima de 4 vezes o limite

\* exceto oxigênio dissolvido

## 3.1. Discussão dos resultados

Os gráficos apresentados a seguir se referem a todos os resultados obtidos no monitoramento especial e da série histórica do Igam, de acordo com os períodos apresentados anteriormente.

De forma a sintetizar o grande número de dados obtidos ao longo do monitoramento, com periodicidades de análises<sup>2</sup> que variaram de diária a mensal após o evento, foram calculadas as médias aritméticas dos resultados por estação, segundo os períodos mencionados anteriormente. Além disso, no Anexo I, são apresentados os valores máximos, médios e mínimos medidos em cada estação, para série histórica e para os dois períodos apresentados neste documento.

### Sólidos em suspensão totais

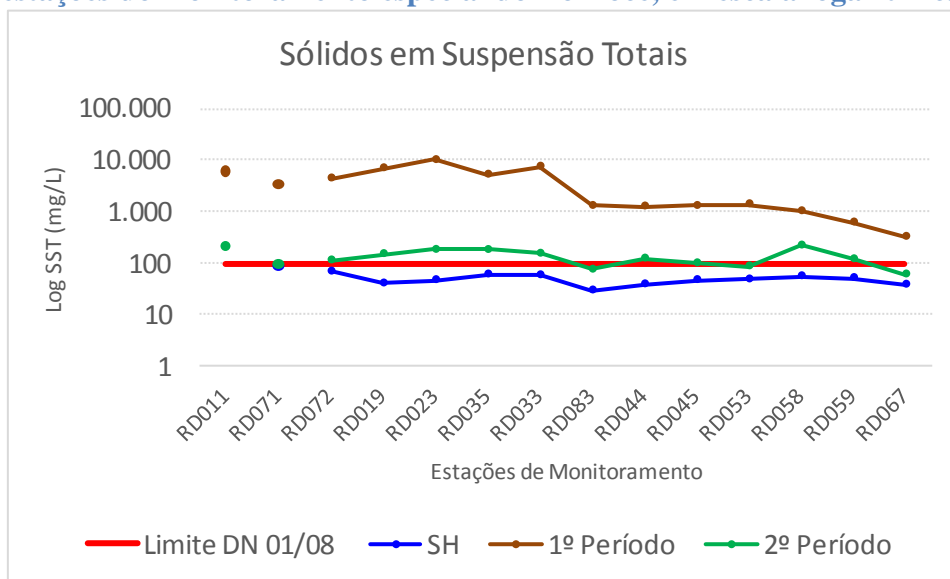
Na Figura 2 são apresentados os valores médios de sólidos em suspensão totais (SST), em escala logarítmica<sup>3</sup>, para o 1º e 2º períodos pós-rompimento da Barragem de Fundão nas estações de amostragem localizadas nos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce.

---

<sup>2</sup> Foram feitas coletas diárias de 6/11/2015 a 3/12/2015, semanais até 21/12/2015, e quinzenais de janeiro a agosto de 2016. A partir de outubro de 2016 as coletas passaram a ter frequência mensal, sendo intensificado para semanal somente no período chuvoso 2016/2017 (novembro a março). Registra-se que nos meses de setembro de 2016, abril, maio e junho de 2017 não foram feitas coletas por questões administrativas.

<sup>3</sup> Devido à amplitude dos valores de sólidos suspensos totais e turbidez, optou-se por representá-los em escala logarítmica para facilitar a leitura das variações nos resultados.

**Figura 2: Resultados de média aritmética de sólidos em suspensão totais nas estações do monitoramento especial do rio Doce, em escala logarítmica.**



Observando-se a Figura 2, no primeiro período (5/11/15 a 4/11/16), nota-se que os valores médios de SST encontravam-se acima da média da série histórica (SH) do Igam e do limite legal da Deliberação Normativa Copam/CERH-MG n° 01/2008.

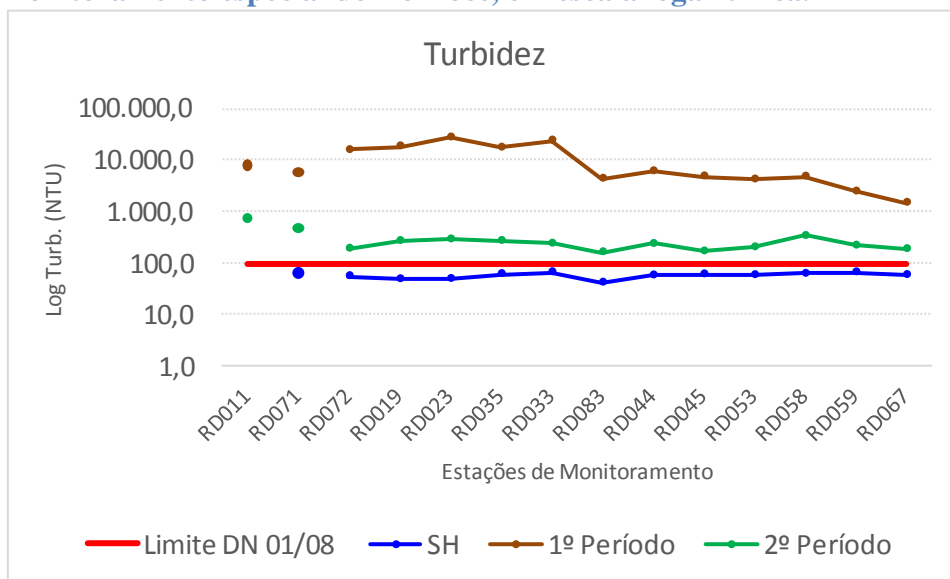
Para o segundo período, observamos que os valores médios deste parâmetro se encontram próximos ao limite legal e da média histórica do Igam. Conclui-se que houve uma redução acentuada dos valores médios de SST ao longo dos dois anos de monitoramento especial do rio Doce. Ressalta-se que os resultados obtidos indicam que a maior parcela da medida dos sólidos totais está relacionada aos sólidos em suspensão totais.

Destaca-se que nas estações de monitoramento localizadas mais próximas ao local do rompimento, quais sejam, no rio Gualaxo do Norte (RD011), rio do Carmo (RD071) e no rio Doce nos municípios de Rio Doce (RD072), Rio Casca (RD019), Marliéria (RD023), Ipatinga (RD035) e Belo Oriente (RD033), os resultados de sólidos em suspensão apresentaram valores na ordem de centenas de milhares entre os dias 7 e 8 de novembro de 2015, em decorrência da presença do rejeito. É possível observar no gráfico que no primeiro período em análise os valores de SST nessas estações foram mais elevados (médias variando entre 331,7mg/L a 10.004,4 mg/L). Já no segundo período nota-se que os valores das médias de SST (entre os municípios de Barra Longa a Belo Oriente), variaram entre 60,3 mg/L e 219,6 mg/L.

## **Turbidez**

Na Figura 3 são apresentados os valores médios de turbidez, em escala logarítmica, para o 1° e 2° períodos pós-rompimento da Barragem de Fundão nas estações de amostragem localizadas nos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce.

**Figura 3: Resultados de média aritmética de turbidez nas estações do monitoramento especial do rio Doce, em escala logarítmica.**



Análogo ao comportamento dos SST, no primeiro período nota-se que os valores médios de turbidez encontram-se acima da média da série histórica (SH) do Igam, com a totalidade dos resultados muito acima do limite legal da Deliberação Normativa Copam/CERH-MG nº 01/2008, como ilustrado na Figura 3.

Para o segundo período observa-se que os valores médios deste parâmetro ainda se encontram acima do limite legal e da média histórica do Igam, contudo apresentaram uma redução acentuada dos valores ao longo dos dois anos de monitoramento especial do rio Doce. A título de exemplo, enquanto no primeiro período os valores das médias variaram entre 1486 NTU a 27.500 NTU, no segundo período, os valores das médias variaram entre 163 NTU a 750 NTU, como detalhado nas tabelas do Anexo I.

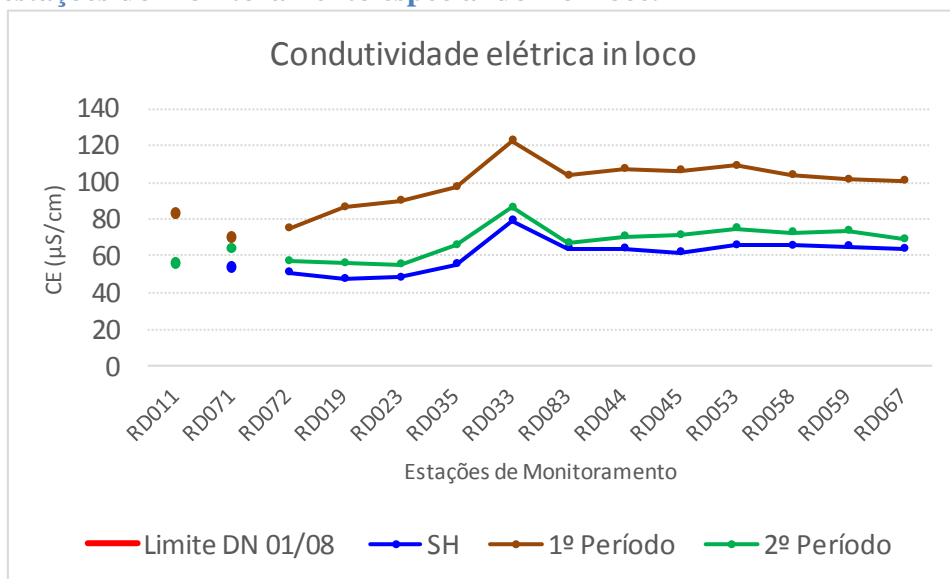
Novamente, observa-se que nas estações de monitoramento localizadas mais próximas ao evento: no rio Gualaxo do Norte (RD011), rio do Carmo (RD071) e no rio Doce nos municípios de Rio Doce (RD072), Rio Casca (RD019), Marliéria (RD023), Ipatinga (RD035) e Belo Oriente (RD033), os resultados de turbidez também apresentaram valores na ordem de centenas de milhares entre os dias 7 e 8 de novembro de 2015. É possível observar no gráfico que no primeiro período em análise os valores de turbidez nessas estações são mais elevados. Já no segundo período nota-se uma redução significativa dos valores de turbidez nesse trecho, com resultados da média variando entre 190,99 NTU e 750,95 NTU.

Esses resultados indicam também forte relação entre a presença de sólidos em função do material proveniente dos rejeitos da barragem e a turbidez.

### **Condutividade elétrica *in loco***

Na Figura 4 são apresentados os valores médios de condutividade elétrica *in loco* para o 1º e 2º períodos pós-rompimento da Barragem de Fundão nas estações de amostragem localizadas nos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce.

Figura 4: Resultados de média aritmética de condutividade elétrica *in loco* nas estações do monitoramento especial do rio Doce.



Na Deliberação Normativa Conjunta Copam/CERH-MG nº 01/2008 não há limites estabelecidos para o parâmetro condutividade elétrica, contudo, em geral, níveis superiores a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  indicam ambientes impactados.

Observando-se a Figura 4, no primeiro período nota-se que os valores médios de condutividade elétrica encontram-se acima da média da série histórica (SH) do Igam, ultrapassando o valor de referência de 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

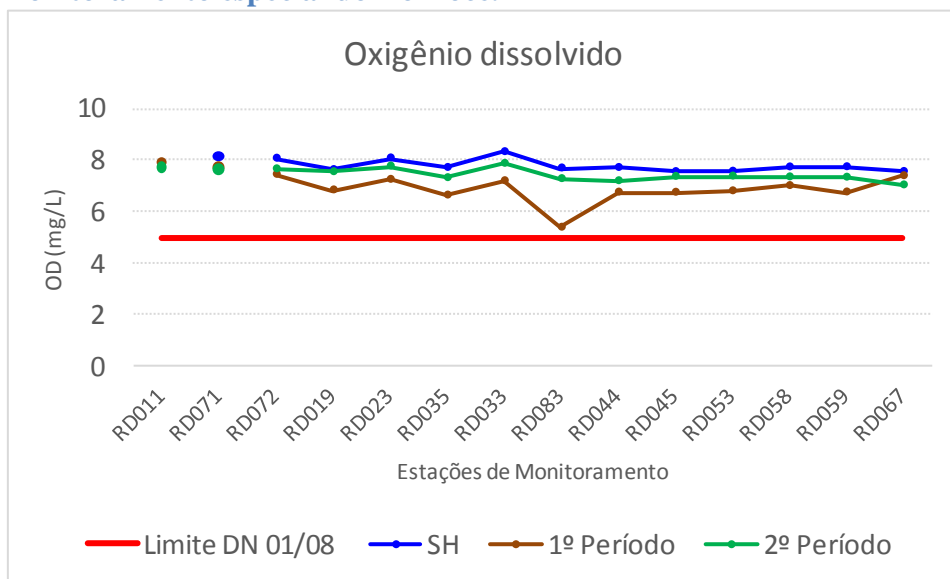
Para o segundo período observamos que os valores médios deste parâmetro ainda se encontram acima da média histórica do Igam, porém com valores abaixo de 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para todas as estações de monitoramento.

Destaca-se que, em média, os valores mais elevados ocorreram no município de Belo Oriente com 122,67  $\mu\text{S}/\text{cm}$  no 1º período e 86,15  $\mu\text{S}/\text{cm}$  no 2º período. Porém, de acordo com a série histórica do Igam, esse trecho do rio Doce já se destacava com os maiores valores de condutividade elétrica comparativamente aos demais (média = 79,24  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

## Oxigênio dissolvido

Na Figura 5 são apresentados os valores médios de oxigênio dissolvido para o 1º e 2º períodos pós-rompimento da Barragem de Fundão nas estações de amostragem localizadas nos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce.

Figura 5: Resultados de média aritmética de oxigênio dissolvido nas estações do monitoramento especial do rio Doce.



Observando-se a Figura 5, no primeiro período nota-se que os valores médios de oxigênio dissolvido estiveram abaixo da média da série histórica (SH) do Igam em todas as estações de monitoramento. Vale destacar que logo após o evento (1º período) chegou-se a registrar valores mínimos de oxigênio dissolvido de 0,5 mg/L em várias estações do rio Doce (Anexo I). Contudo, os valores se encontravam normalizados já nas primeiras semanas após o evento.

Para o segundo período observou-se que os valores médios de oxigênio dissolvido se aproximam dos valores observados na série histórica do Igam, ou seja, antes do evento.

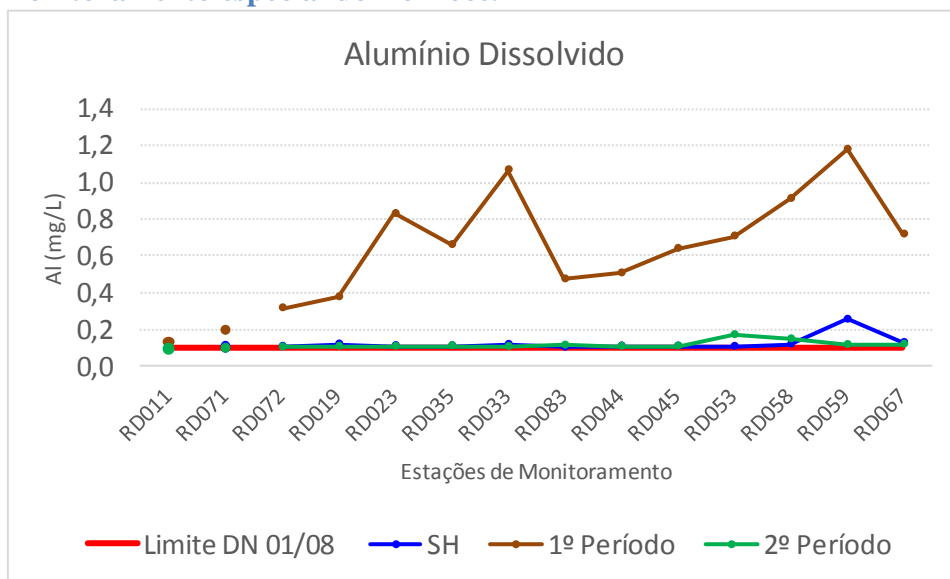
O menor valor médio ocorrido no 1º período para este parâmetro foi observado no município de Periquito (RD083) com 5,3 mg/L O<sub>2</sub>. Essa estação apresenta características de ambiente lântico por estar localizada logo a montante da Represa de Baguari, o que dificulta a aeração das águas e pode explicar os valores encontrados.

## **Alumínio dissolvido**

Na Figura 6 são apresentados os valores médios de alumínio dissolvido para o 1º e 2º períodos pós-rompimento da Barragem de Fundão nas estações de amostragem localizadas nos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce.



**Figura 6: Resultados de média aritmética de alumínio dissolvido nas estações do monitoramento especial do rio Doce.**



Observando-se o primeiro período, na Figura 6, os valores médios de alumínio dissolvido encontram-se acima da média da série histórica (SH) do Igam e todos os resultados estavam acima do limite legal da Deliberação Normativa Copam/CERH-MG n° 01/2008.

No primeiro período verificou-se, ao longo do rio Doce, médias de alumínio dissolvido muito acima das médias históricas e do limite legal. Tal se deve aos resultados obtidos logo após o rompimento da barragem, no início do período chuvoso, de novembro a dezembro de 2015, sobretudo nos trechos de Candonga-Baguari (RD083) e de Governador Valadares-Aimorés (RD044 em diante, até o exutório). A partir de janeiro de 2016, porém, os resultados laboratoriais apresentaram uma expressiva redução, ficando próximos das médias históricas do monitoramento realizado pelo Igam.

Ressalta-se que nos municípios de Marliéria (RD023), Ipatinga (RD035), Belo Oriente (RD033) e Resplendor (RD059) foram detectados os maiores valores de alumínio dissolvido, no primeiro período, com valores médios variando entre 0,658 mg/L Al (RD023) e 1,176 mg/L Al (RD059). Nota-se que o município de Resplendor já apresentava valores mais elevados, de acordo com a série histórica do Igam (média igual a 0,253 mg/L Al).

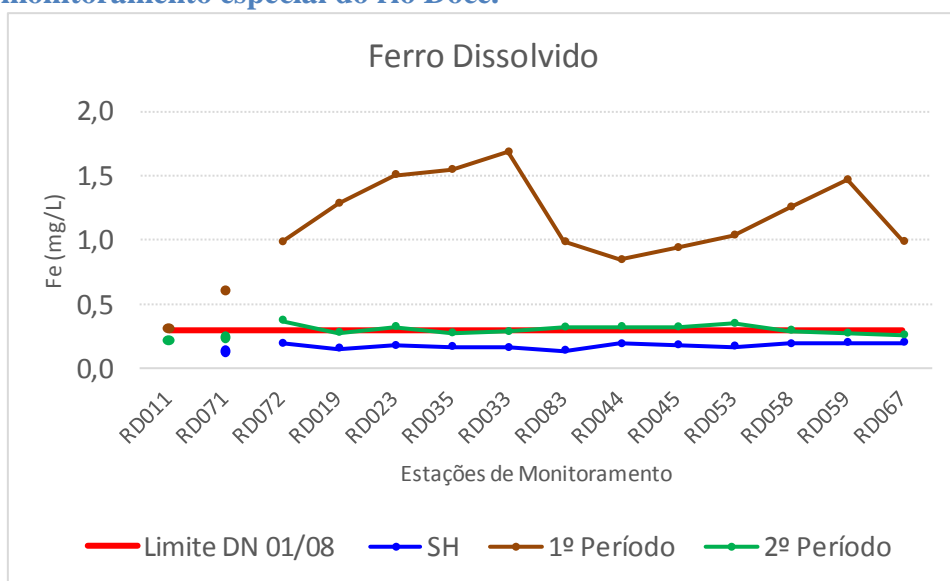
Para o segundo período observa-se que os valores médios deste parâmetro são mais próximos às médias históricas do Igam, embora ainda acima do limite legal (0,1 mg/L Al) para a maioria das estações, mostrando a tendência à normalidade para este parâmetro. Porém, relacionando esse gráfico com os dados do Anexo I, nota-se que, nesse período, a partir da estação a jusante de Governador Valadares (RD045), os valores médios de alumínio dissolvido ainda oscilam entre 6% e 69% acima do limite legal.

O município de Governador Valadares se destaca como a maior população atingida pelo rompimento da Barragem de Fundão, porém as violações do parâmetro alumínio dissolvido no segundo período não devem ser entendidas necessariamente como efeito do rompimento, já que as médias desse período praticamente se igualaram às da série histórica.

### Ferro dissolvido

Na Figura 7 são apresentados os valores médios de ferro dissolvido para o 1º e 2º períodos pós-rompimento da Barragem de Fundão nas estações de amostragem localizadas nos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce.

**Figura 7: Resultados de média aritmética de ferro dissolvido nas estações do monitoramento especial do rio Doce.**



Observando-se o primeiro período, na Figura 7, os valores médios de ferro dissolvido estiveram acima do limite de classe e encontraram-se acima da média da série histórica (SH) do Igam em todas as estações de monitoramento. Destaca-se que as médias mais elevadas foram registradas nas estações do município de Belo Oriente (RD033) e de Resplendor (RD059), com 1,679 mg/L Fe e 1,463 mg/L Fe, respectivamente.

Para o segundo período observa-se que os valores médios deste parâmetro ainda estão acima da média histórica do Igam para todas as estações, porém próximos do limite legal (0,3 mg/L Fe). Os valores máximos atingidos nas medições realizadas no 2º período (Anexo I) foram acima de 0,6 mg/L, nas estações RD072 (município de Rio Doce) e RD044 (montante de Governador Valadares), em novembro de 2016 e janeiro de 2017, respectivamente.

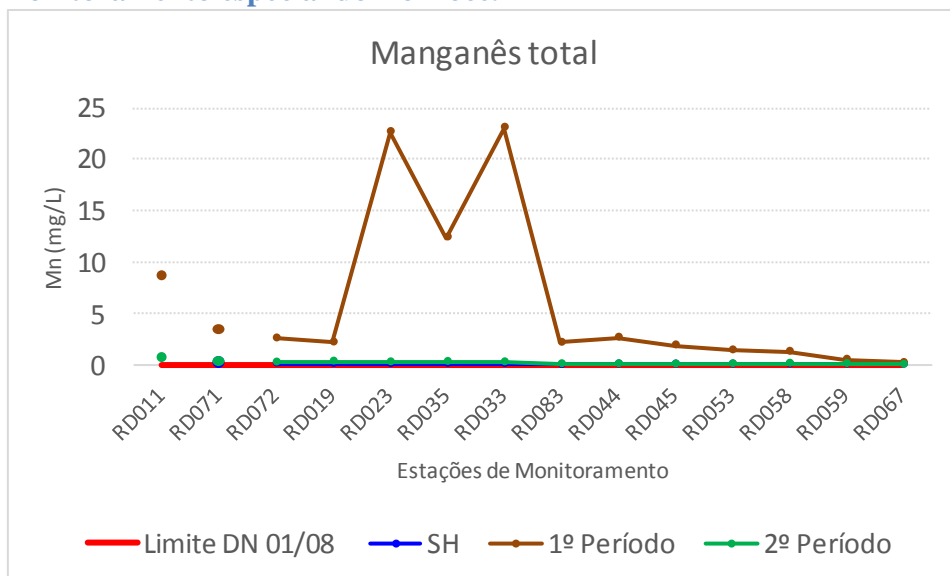
### Manganês total

Na Figura 8 são apresentados os valores médios de manganês total para o 1º e 2º períodos pós-rompimento da Barragem de Fundão nas estações de amostragem localizadas nos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce. Todavia, devido à grande

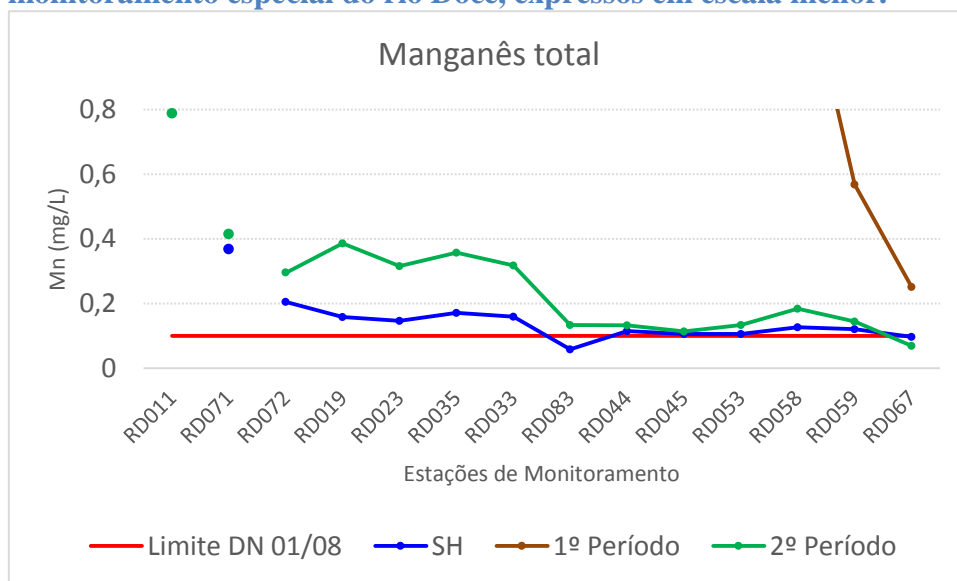
## INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS

amplitude dos resultados médios, foi acrescentado logo abaixo um segundo gráfico apresentando os mesmos resultados, com escala reduzida (Figura 9).

**Figura 8: Resultados de média aritmética de manganês total nas estações do monitoramento especial do rio Doce.**



**Figura 9: Resultados de média aritmética de manganês total nas estações do monitoramento especial do rio Doce, expressos em escala menor.**



No primeiro período os valores médios de manganês total superaram o limite de classe, e encontraram-se acima da média da série histórica (SH) do Igam em todas as estações de monitoramento (Figura 8). Ressalta-se que nos municípios de Marliéria (RD023) e Belo Oriente (RD033) ocorreram os maiores valores médios para este parâmetro: 22,66 mg/L Mn e 23,08 mg/L Mn, respectivamente.

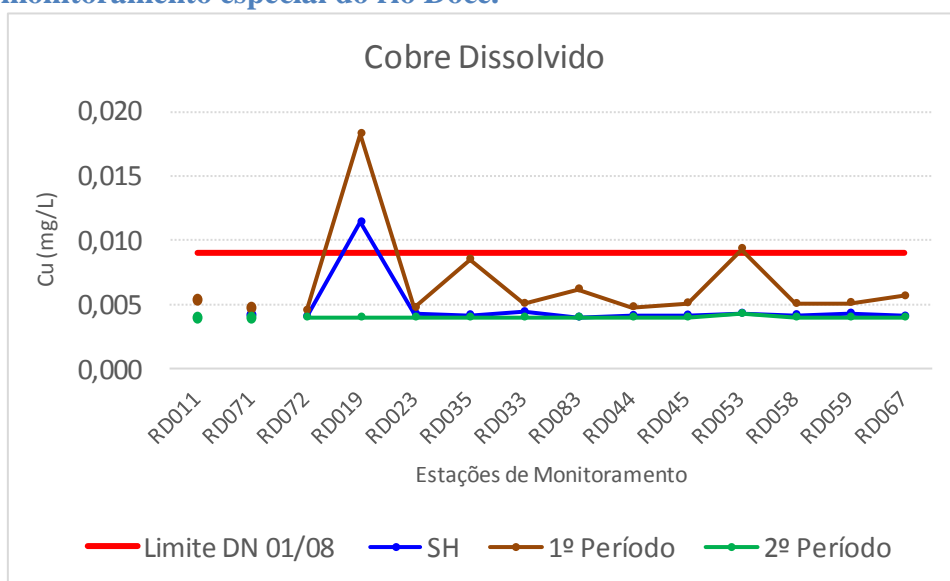
Para o segundo semestre, observa-se uma acentuada redução das médias acima expressas. Porém, essas médias, em geral, permanecem consideravelmente acima da média histórica pré-rompimento da barragem e muito acima do limite legal, como pode

ser verificado na Figura 9. Com isso, pode-se sustentar que aquele evento ainda repercute no rio Doce, em relação ao parâmetro manganês total, embora essa repercussão esteja em franca tendência à atenuação, assim como os demais parâmetros.

### Cobre dissolvido

Na Figura 10 são apresentados os valores médios de cobre dissolvido para o 1º e 2º períodos pós-rompimento da Barragem de Fundão nas estações de amostragem localizadas nos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce.

**Figura 10: Resultados de média aritmética de cobre dissolvido nas estações do monitoramento especial do rio Doce.**



No primeiro período, os valores médios de cobre dissolvido encontram-se acima da média da série histórica (SH) do Igam em todas as estações de monitoramento, porém abaixo do limite legal, com exceção dos municípios de Rio Casca (RD019) e Tumiritinga (RD053). Ressalta-se que nos municípios de Rio Casca (RD019) e Tumiritinga ocorreram os maiores valores médios para este parâmetro, iguais a 0,018 mg/L Cu e 0,0093 mg/L Cu, respectivamente.

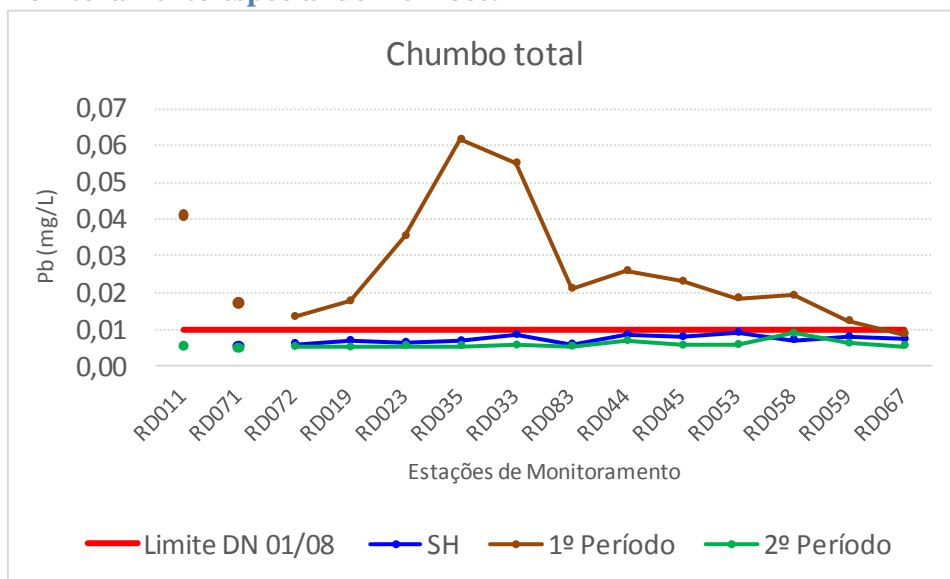
Para o segundo período observa-se que os valores médios deste parâmetro ficaram sempre em 0,004 mg/L Cu, para todas as estações, portanto abaixo do limite legal e menores ou iguais às médias históricas do Igam.

Destaca-se que na estação localizada no município de Rio Casca (RD019) o valor médio da série histórica do Igam para este parâmetro já apresentava valores acima do limite legal.

### Chumbo total

Na Figura 11 são apresentados os valores médios de chumbo total para o 1º e 2º períodos pós-rompimento da Barragem de Fundão nas estações de amostragem localizadas nos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce.

**Figura 11: Resultados de média aritmética de chumbo total nas estações do monitoramento especial do rio Doce.**



No primeiro período, os valores médios de chumbo total ficaram acima do limite de classe (0,01 mg/L Pb) em todas as estações de monitoramento, com exceção do município de Aimorés (RD067), com valor médio igual a 0,0087 mg/L Pb. Os valores médios de chumbo total encontraram-se acima também da média da série histórica (SH) do Igam, em todas as estações de monitoramento.

Para o segundo período, observa-se que os valores médios deste parâmetro estão abaixo da média histórica do Igam e do limite legal para todas as estações, com exceção da estação localizada no município de Conselheiro Pena (RD058), com média igual a 0,0088 mg/L Pb, que se encontra acima da média histórica do Igam (média = 0,0071 mg/L Pb).

### **Arsênio e demais metais**

Para o arsênio e demais metais (cádmio total, cromo total, níquel total, mercúrio total e zinco total) será feita uma análise conjunta, já que apresentaram comportamentos semelhantes no 2º período analisado, permanecendo sempre bastante abaixo dos correspondentes limites e próximos da normalidade histórica.

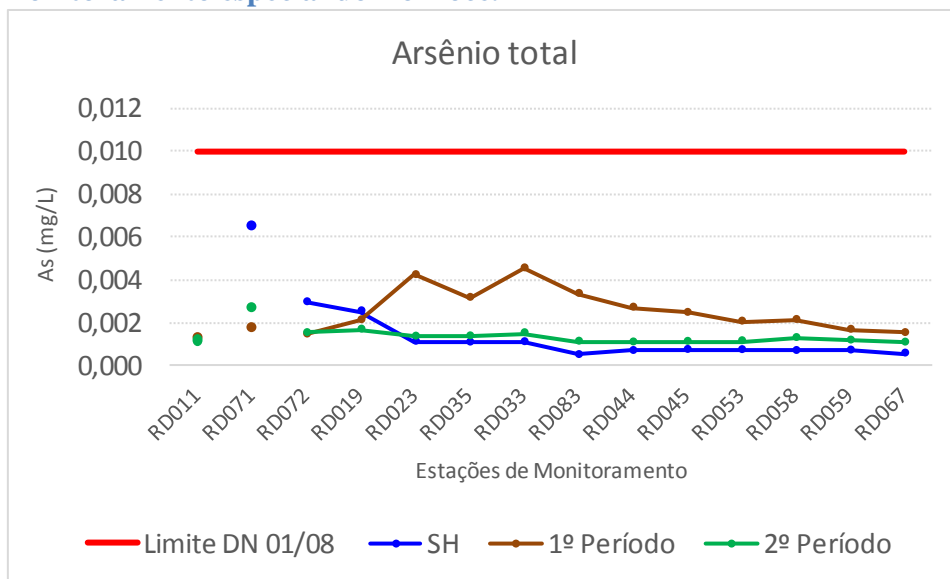
Dessa forma, observa-se que as médias desses parâmetros aferidas no primeiro período ocasionalmente ultrapassaram os respectivos limites de classe. Isso é explicado pelos altos valores atingidos somente na data em que a pluma de rejeito alcançava os pontos de coleta, apresentando diminuição dos valores nos dias consecutivos à sua passagem, até voltar à conformidade com o limite de classe e com as médias históricas da série histórica do Igam.

Ressalta-se que os valores máximos atingidos por esses parâmetros no período pós-rompimento (1º período) ocorreram principalmente no trecho Candonga-Baguari; entretanto, violações de todos os parâmetros (exceto cromo total e mercúrio total) já haviam sido registrados antes da ocorrência do evento.

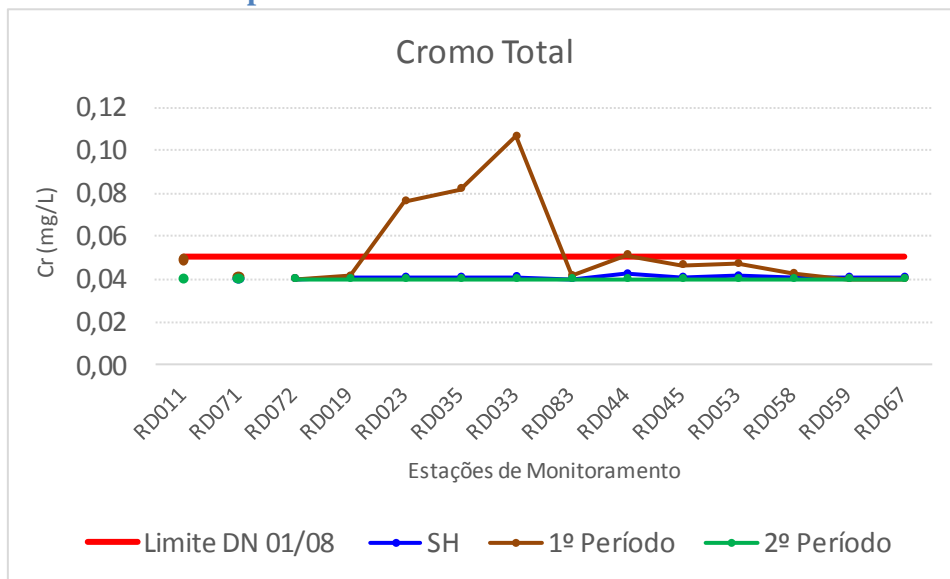
## INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS

As figuras 12, 13, 14, 15, 16 e 17 apresentam os gráficos referentes à média aritmética desses parâmetros nas estações do monitoramento especial do rio Doce.

**Figura 12: Resultados de média aritmética de arsênio total nas estações do monitoramento especial do rio Doce.**



**Figura 13: Resultados de média aritmética de cromo total nas estações do monitoramento especial do rio Doce.**



# INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS

Figura 14: Resultados de média aritmética de cádmio total nas estações do monitoramento especial do rio Doce.

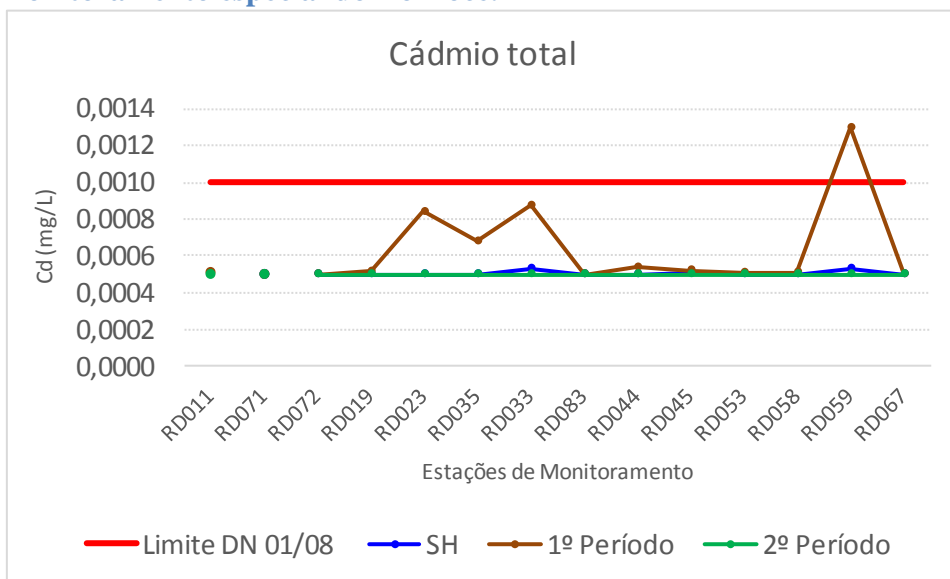
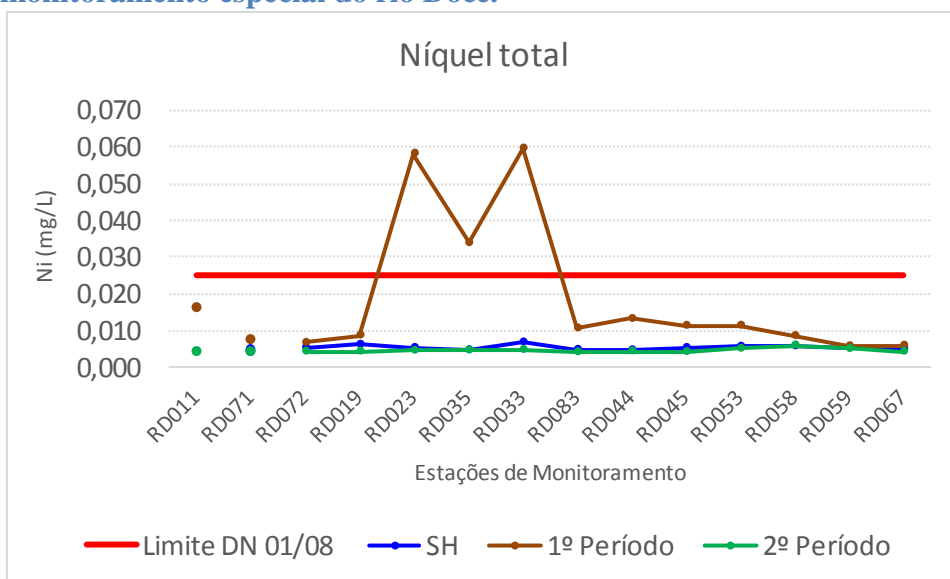


Figura 15: Resultados de média aritmética de níquel total nas estações do monitoramento especial do rio Doce.





# INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS

Figura 16: Resultados de média aritmética de mercúrio total nas estações do monitoramento especial do rio Doce.

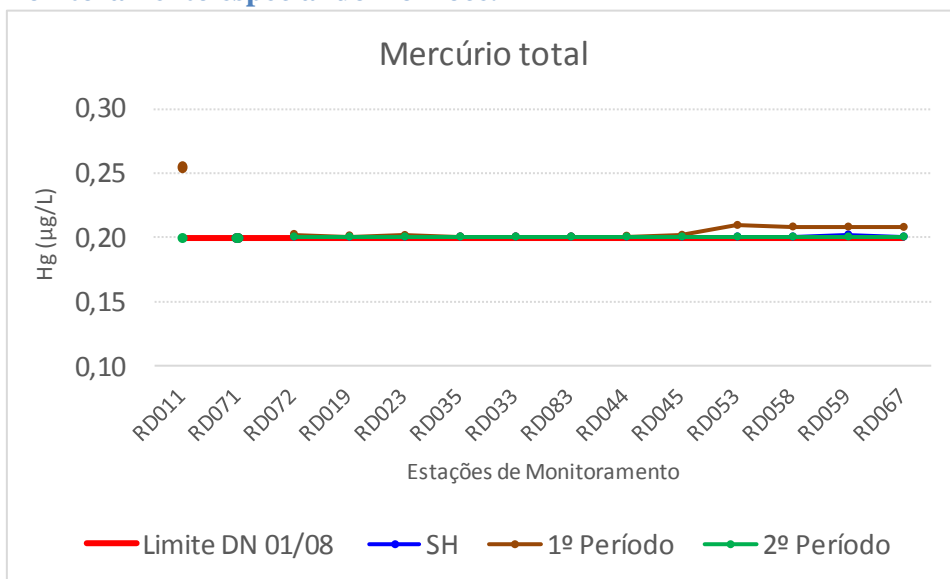
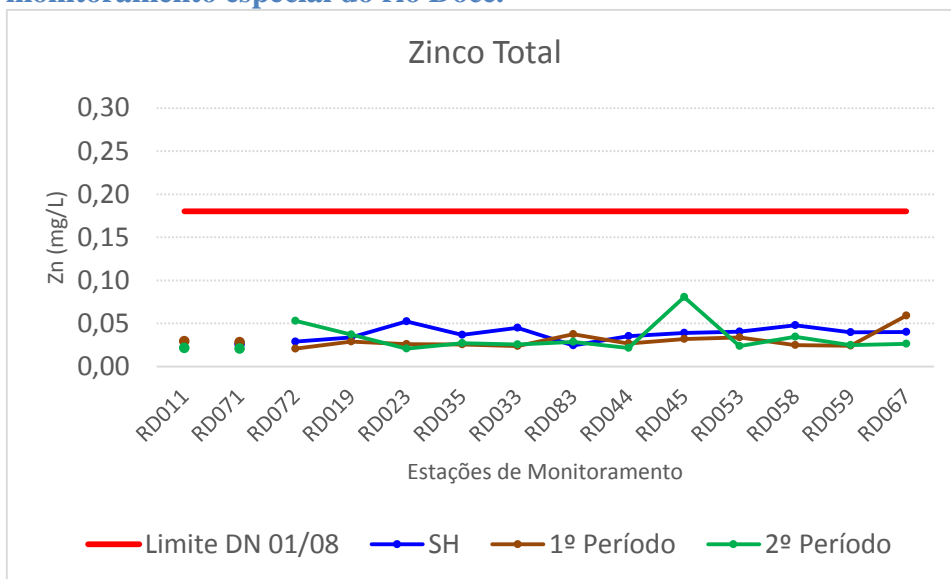


Figura 17: Resultados de média aritmética de zinco total nas estações do monitoramento especial do rio Doce.



## 4. Considerações Finais

Decorridos quase dois anos do rompimento da barragem de Fundão em Mariana/MG, foi possível verificar o comportamento geral da área afetada, com relação aos poluentes considerados mais importantes. Comparativamente ao primeiro período (5/11/2015 a 04/11/2016) observa-se que houve uma redução das médias no segundo período (05/11/2016 a 10/08/2017) para os dez parâmetros apresentados nesse documento, indicando uma tendência de aproximação dos valores históricos observados no monitoramento do Igam, porém ainda com grande proporção de violações aos limites estabelecidos na Deliberação Normativa COPAM/CERH N° 01/2008.

Dos resultados dos parâmetros analisados no último intervalo considerado, chamam a atenção as médias de turbidez, sólidos em suspensão total, ferro dissolvido, manganês total e alumínio dissolvido, uma vez que, de forma geral, ainda estão acima do limite legal e das médias históricas. Esses resultados devem-se, sobretudo, à acumulação do rejeito no sedimento do rio e em bancos das margens, que continuam a ser revolvidos, natural ou artificialmente. Prevê-se que, não havendo novos eventos, futuramente essas médias continuem reduzindo-se, porém cada vez de forma mais lenta.

Para o arsênio total, cádmio total, cromo total, níquel total e mercúrio total, observa-se que ocorreram violações dos respectivos limites de classe desde o início do monitoramento, reduzindo paulatinamente a frequência dessas violações até apresentarem-se em conformidade com os respectivos limites de classe e abaixo do máximo da série histórica do Igam ainda no 1º período avaliado. Porém grande parte dos demais metais (ferro dissolvido, manganês total, alumínio dissolvido, chumbo total, e zinco total) continuaram a violar os respectivos limites no 2º período, pelo menos uma vez no último intervalo considerado (Anexo I).

## 5. Informações adicionais

### **Atuação do Instituto Mineiro de Gestão das Águas**

O Instituto Mineiro de Gestão das Águas – Igam participa da revitalização do rio Doce após o rompimento da Barragem de Fundão, no município de Mariana, por meio da participação em audiências públicas nos municípios atingidos pelo evento e por meio dos técnicos inseridos nas Câmaras Técnicas do CIF (Comitê Interfederativo), acompanhando, discutindo e propondo ações para a recuperação de toda área impactada pelo rompimento da barragem, desde novembro de 2015.

Foram liberados 11 INFORMATIVOS RIO DOCE no período chuvoso 2016/2017 (semanais) e no ano de 2017 o INFORMATIVO RIO DOCE passou a ser mensal e já foram liberados 6 Informativos mensais.

O último relatório foi publicado com data de junho/17 e contém a avaliação dos dados medidos no período de novembro de 2015 a março de 2017.

## INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS

As informações a respeito das ações de acompanhamento na bacia do rio Doce poderão ser consultadas nos seguintes canais da internet:

Site do Igam: <http://www.Igam.mg.gov.br/component/content/article/16/1632-monitoramento-da-qualidade-das-aguas-superficiais-do-rio-doce-no-estado-de-minas-gerais>

Site da ANA: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/Riodoce/default.aspx>

Site do IBAMA: <http://www.ibama.gov.br/cif/cif-comite-interfederativo>

Destaca-se que o monitoramento da região afetada continuará a ser realizado pelo Igam, para a avaliação dos impactos ocasionados nos corpos de água, e, desde o mês de outubro de 2016, passou a ser realizado mensalmente nos 14 pontos do monitoramento especial das águas superficiais do rio Doce. Caso ocorra nova eventualidade, a frequência de monitoramento poderá ser intensificada de acordo com um plano de monitoramento emergencial.

### **Programa de Monitoramento Quali-qualitativo da Água e Sedimentos no Rio Doce e Zona Costeira – PMQQS**

O Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático de Qualidade das Águas e dos Sedimentos no Rio Doce e Zona Costeira – PMQQS, implantado pela Fundação Renova, sob supervisão dos órgãos e entidades ambientais federais e dos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo, contempla 92 estações, dentre as quais 56 estações de monitoramento convencional da qualidade ao longo do rio Doce e zona costeira, sendo 22 estações automáticas com medição de nível, chuva e temperatura do ar. Além disto, dentre estas 22, 8 estações também contemplam sondas multiparamétricas de qualidade de águas.

A implantação do PMQQS proporcionará um monitoramento da qualidade das águas mais completo. Possui caráter permanente e abrangente através de uma avaliação sistemática com previsão mínima de 10 anos. Serão avaliados 42 parâmetros físico-químicos e além desses haverá análise de ecotoxicidade, perifíton, biomonitoramento, medições de vazão, qualidade e quantidade de sedimentos. A coleta manual de amostras para análise de parâmetros físico-químicos, hidrobiológicos (fitoplâncton) e bacteriológicos da água superficial terá periodicidade mensal. A coleta destinada à verificação de parâmetros ecotoxicológicos e físico-químicos qualidade de sedimentos terá periodicidade trimestral. A cada três meses também serão monitorados materiais particulados em suspensão, macroinvertebrados bentônicos (mensalmente) e descarga líquida (mensalmente), entre outros fatores.

O objetivo geral da Rede de Monitoramento proposta é acompanhar, ao longo do tempo, a recuperação da bacia hidrográfica do rio Doce e a efetividade das intervenções permanentes realizadas, através da avaliação sistemática da qualidade das águas e dos sedimentos.

## **INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS**

Além dos 56 pontos de amostragem entre a mina da Samarco e a foz, o PMQQS também prevê outros 36 pontos de monitoramento sistemático da qualidade da água e dos sedimentos na zona costeira e em estuários do Espírito Santo e da Bahia.

**ANEXO I**

Valores máximos, médios e mínimos dos parâmetros, de acordo com o trecho e o período monitorados

## INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS

Turbidez (NTU)	MÁXIMOS			MÉDIAS			MÍNIMOS		
	Série Histórica jan/00 a out/15	1º Período:	2º Período:	Série Histórica jan/00 a out/15	1º Período:	2º Período:	Série Histórica jan/00 a out/15	1º Período:	2º Período:
		nov/15 a out/16	nov/16 a ago/17		nov/15 a out/16	nov/16 a ago/17		nov/15 a out/16	nov/16 a ago/17
Limite DN 01/08 = 100									
RD011 - Rio Gualaxo do Norte	sem resultado	32510	4105	sem resultado	7985	751	sem resultado	54	41
RD071 - Rio do Carmo	744	32848	5228	64	5689	474	2	21	15
RD072 - Rio Doce	604	435400	732	56	15643	191	1	45	10
RD019 - Rio Casca	318	597400	541	49	18526	270	3	112	31
RD023 - Marliéria	310	606200	1159	49	27500	289	2	128	57
RD035 - Ipatinga	382	334600	893	61	17456	271	3	120	35
RD033 - Belo Oriente	955	497500	1012	67	23996	239	2	75	28
RD083 - Periquito	537	21480	697	42	4353	163	3	35	12
RD044 - Gov. Valadares (mont.)	794	140000	2003	58	6084	236	2	3	7
RD045 - Gov. Valadares (jus.)	797	81440	1269	61	4835	169	1	5	5
RD053 - Tumiritinga	560	74160	987	59	4206	203	2	2	4
RD058 - C. Pena	417	89220	1608	62	4781	337	2	5	6
RD059 - Resplendor	764	28500	1060	66	2458	219	3	4	7
RD067 - Aimorés	540	10050	732	59	1486	187	2	3	8

● Valor menor que o limite

● Valor até 2x o limite

● valor até 4x o limite

● valor acima de 4x o limite

Oxigênio dissolvido (mg/L)	MÁXIMOS			MÉDIAS			MÍNIMOS		
	Série Histórica jan/00 a out/15	1º Período:	2º Período:	Série Histórica jan/00 a out/15	1º Período:	2º Período:	Série Histórica jan/00 a out/15	1º Período:	2º Período:
		nov/15 a out/16	nov/16 a ago/17		nov/15 a out/16	nov/16 a ago/17		nov/15 a out/16	nov/16 a ago/17
Limite DN 01/08 = 5									
RD011 - Rio Gualaxo do Norte	sem resultado	9,0000	9,1000	sem resultado	7,9115	7,7188	sem resultado	7,1000	7,1000
RD071 - Rio do Carmo	9,5000	9,0000	8,8000	8,1690	7,7219	7,6375	7,5000	6,4000	6,9000
RD072 - Rio Doce	9,5000	8,8000	9,0000	8,0563	7,4304	7,6438	6,8000	0,6000	7,0000
RD019 - Rio Casca	8,9000	8,8000	8,5000	7,6145	6,8250	7,5313	6,5000	0,5000	7,0000
RD023 - Marliéria	9,7000	9,0000	9,0000	8,0663	7,2342	7,7500	6,5000	0,5000	7,2000
RD035 - Ipatinga	9,1000	9,1000	8,2000	7,6976	6,6242	7,3000	6,4000	0,5000	6,8000
RD033 - Belo Oriente	10,3000	8,9000	8,6000	8,3096	7,1825	7,8563	5,6000	0,5000	7,3000
RD083 - Periquito	10,2000	8,5000	8,2000	7,6776	5,3763	7,2625	6,4000	0,5000	6,6000
RD044 - Gov. Valadares (mont.)	9,8000	8,6000	8,2000	7,6964	6,7404	7,1813	5,4000	0,5000	6,6000
RD045 - Gov. Valadares (jus.)	9,8000	8,3000	8,3000	7,5361	6,7338	7,3500	6,2000	0,5000	6,8000
RD053 - Tumiritinga	9,5000	8,9000	9,3000	7,5518	6,7896	7,3625	6,0000	0,5000	6,7000
RD058 - C. Pena	10,0000	8,6000	8,7000	7,7181	6,9930	7,3313	5,8000	1,1000	6,7000
RD059 - Resplendor	10,7000	8,6000	8,2000	7,7241	6,7452	7,3188	4,2000	1,4000	6,8000
RD067 - Aimorés	9,4000	9,1000	8,9000	7,5410	7,3763	7,0188	5,5000	4,4000	6,2000

● valor de acordo com o limite

● valor até ½ do limite

● valor até ¼ do limite

● valor abaixo de ¼ do limite

## INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS

Condutividade elétrica in loco (µS/cm)		MÁXIMOS			MÉDIAS			MÍNIMOS		
Sem limite DN 01/08	Série Histórica jan/00 a out/15	1º Período: nov/15 a out/16	2º Período: nov/16 a ago/17	Série Histórica jan/00 a out/15	1º Período: nov/15 a out/16	2º Período: nov/16 a ago/17	Série Histórica jan/00 a out/15	1º Período: nov/15 a out/16	2º Período: nov/16 a ago/17	
RD011 - Rio Gualaxo do Norte	sem resultado	158	70,1	sem resultado	83,2	56,2	sem resultado	50,93	40,6	
RD071 - Rio do Carmo	84,3	98,81	76,4	53,9	70,2	64,4	31,7	41,19	45,5	
RD072 - Rio Doce	73,9	244,8	64,3	51,0	74,9	57,1	33,9	41,38	46,8	
RD019 - Rio Casca	74,1	312,3	62,8	47,4	86,3	55,9	31	43,41	44,1	
RD023 - Marliéria	72,1	311,7	63,5	48,1	89,9	55,4	33,9	43,18	45,2	
RD035 - Ipatinga	110	289,6	81,1	55,5	97,3	65,7	36,2	46,46	48,7	
RD033 - Belo Oriente	168	306	135	79,2	122,7	86,2	39	59,64	50,8	
RD083 - Periquito	125	247,7	112	64,2	103,5	66,9	33,7	33,45	37	
RD044 - Gov. Valadares (mont.)	129	218,1	113	64,0	107,2	70,6	12,8	45,06	42,3	
RD045 - Gov. Valadares (jus.)	111	214	114	62,0	106,5	71,2	34,6	53,25	49,8	
RD053 - Tumiritinga	114	220,7	113	65,7	108,8	75,1	38,7	61,27	50,8	
RD058 - C. Pena	114	199,95	106	65,4	103,9	72,8	42,9	52,02	56,8	
RD059 - Resplendor	110	190,1	102	65,3	101,4	73,6	40,7	56,67	56,9	
RD067 - Aimorés	116	163	97,9	63,8	100,8	69,0	44,2	59,71	48,9	

Sólidos em Suspensão Totais (mg/L)		MÁXIMOS			MÉDIAS			MÍNIMOS		
Limite DN 01/08 = 100	Série Histórica jan/00 a out/15	1º Período: nov/15 a out/16	2º Período: nov/16 a ago/17	Série Histórica jan/00 a out/15	1º Período: nov/15 a out/16	2º Período: nov/16 a ago/17	Série Histórica jan/00 a out/15	1º Período: nov/15 a out/16	2º Período: nov/16 a ago/17	
RD011 - Rio Gualaxo do Norte	sem resultado	53760	776	sem resultado	6036	214	sem resultado	49	13	
RD071 - Rio do Carmo	1088	28920	406	87	3382	99	2	19	11	
RD072 - Rio Doce	894	112280	310	69	4407	113	2	19	6	
RD019 - Rio Casca	223	221110	390	40	6945	150	2	47	46	
RD023 - Marliéria	204	344550	644	47	10004	181	1	51	21	
RD035 - Ipatinga	356	123850	561	60	5217	180	2	27	13	
RD033 - Belo Oriente	678	204230	685	58	7464	153	2	34	16	
RD083 - Periquito	451	8760	307	30	1292	75	2	8	3	
RD044 - Gov. Valadares (mont.)	418	20370	678	39	1259	123	1	7	8	
RD045 - Gov. Valadares (jus.)	512	20770	416	47	1290	99	2	6	9	
RD053 - Tumiritinga	354	29540	430	48	1394	87	2	2	6	
RD058 - C. Pena	476	13650	888	56	1018	220	2	4	6	
RD059 - Resplendor	509	5700	452	51	616	119	2	2	2	
RD067 - Aimorés	379	2470	188	38	332	60	1	4	6	

● Valor menor que o limite     
 ● Valor até 2x o limite     
 ● valor até 4x o limite     
 ■ valor acima de 4x o limite



## INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS

Ferro Dissolvido (mg/L)		MÁXIMOS			MÉDIAS			MÍNIMOS										
Limite DN 01/08 = 0,3		Série Histórica	1º Período:	2º Período:	Série Histórica	1º Período:	2º Período:	Série Histórica	1º Período:	2º Período:								
		jan/00 a out/15	nov/15 a out/16	nov/16 a ago/17	jan/00 a out/15	nov/15 a out/16	nov/16 a ago/17	jan/00 a out/15	nov/15 a out/16	nov/16 a ago/17								
RD011 - Rio Gualaxo do Norte	sem resultado		0,951		0,398	sem resultado		0,314		0,217	sem resultado		0,073		0,131			
RD071 - Rio do Carmo		0,279		2,620		0,392		0,135		0,609		0,246		0,049		0,102		0,096
RD072 - Rio Doce		0,538		6,758		0,602		0,193		0,981		0,374		0,069		0,111		0,117
RD019 - Rio Casca		0,488		18,730		0,483		0,157		1,281		0,279		0,040		0,172		0,127
RD023 - Marliéria		0,460		23,600		0,563		0,177		1,504		0,324		0,047		0,129		0,142
RD035 - Ipatinga		0,510		18,010		0,431		0,170		1,543		0,275		0,055		0,147		0,052
RD033 - Belo Oriente		0,390		32,260		0,436		0,161		1,679		0,285		0,040		0,103		0,122
RD083 - Periquito		0,381		4,583		0,541		0,140		0,982		0,320		0,050		0,087		0,096
RD044 - Gov. Valadares (mont.)		0,573		3,490		0,610		0,190		0,843		0,324		0,040		0,068		0,133
RD045 - Gov. Valadares (jus.)		0,610		6,900		0,515		0,182		0,937		0,322		0,030		0,074		0,111
RD053 - Tumiritinga		0,476		7,130		0,543		0,173		1,034		0,349		0,043		0,134		0,093
RD058 - C. Pena		1,040		5,670		0,546		0,190		1,252		0,296		0,049		0,079		0,096
RD059 - Resplendor		2,070		8,615		0,481		0,201		1,464		0,273		0,037		0,060		0,030
RD067 - Aimorés		2,020		4,456		0,535		0,202		0,984		0,259		0,030		0,030		0,048

Valor menor que o limite

Valor até 2x o limite

valor até 4x o limite

valor acima de 4x o limite

Manganês total (mg/L)		MÁXIMOS			MÉDIAS			MÍNIMOS										
Limite DN 01/08 = 0,1		Série Histórica	1º Período:	2º Período:	Série Histórica	1º Período:	2º Período:	Série Histórica	1º Período:	2º Período:								
		jan/00 a out/15	nov/15 a out/16	nov/16 a ago/17	jan/00 a out/15	nov/15 a out/16	nov/16 a ago/17	jan/00 a out/15	nov/15 a out/16	nov/16 a ago/17								
RD011 - Rio Gualaxo do Norte	sem resultado		103,8000		2,2140	sem resultado		8,7826		0,7884	sem resultado		0,0099		0,0665			
RD071 - Rio do Carmo		1,6546		40,7000		1,1580		0,3676		3,5389		0,4144		0,0351		0,0048		0,0459
RD072 - Rio Doce		1,5200		15,0100		1,0800		0,2043		2,6310		0,2952		0,0263		0,0622		0,0361
RD019 - Rio Casca		1,2050		32,3000		0,8950		0,1583		2,2364		0,3859		0,0120		0,1270		0,0769
RD023 - Marliéria		0,5100		936,0000		0,6610		0,1461		22,6640		0,3161		0,0110		0,1200		0,0879
RD035 - Ipatinga		0,4990		351,0000		0,8320		0,1712		12,4296		0,3575		0,0443		0,1450		0,0894
RD033 - Belo Oriente		0,6020		857,0000		0,9380		0,1592		23,0826		0,3174		0,0180		0,0420		0,0534
RD083 - Periquito		0,2660		21,8500		0,6630		0,0582		2,2116		0,1335		0,0217		0,0279		0,0207
RD044 - Gov. Valadares (mont.)		0,4600		67,2000		0,5360		0,1146		2,7076		0,1327		0,0187		0,0196		0,0292
RD045 - Gov. Valadares (jus.)		0,6090		40,8000		0,5910		0,1052		1,9592		0,1138		0,0150		0,0136		0,0180
RD053 - Tumiritinga		0,6740		31,4100		0,4690		0,1057		1,4756		0,1330		0,0080		0,0126		0,0181
RD058 - C. Pena		0,4690		19,3900		0,6800		0,1268		1,3387		0,1839		0,0159		0,0117		0,0279
RD059 - Resplendor		0,5880		4,5400		0,4640		0,1204		0,5681		0,1446		0,0143		0,0110		0,0194
RD067 - Aimorés		0,5370		1,8200		0,2080		0,0964		0,2516		0,0688		0,0098		0,0105		0,0119

Valor menor que o limite

Valor até 2x o limite

valor até 4x o limite

valor acima de 4x o limite

## INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS

Alumínio Dissolvido (mg/L)		MÁXIMOS			MÉDIAS			MÍNIMOS		
Limite DN 01/08 = 0,1	Série Histórica	1º Período:	2º Período:	Série Histórica	1º Período:	2º Período:	Série Histórica	1º Período:	2º Período:	
	jan/00 a out/15	nov/15 a out/16	nov/16 a ago/17	jan/00 a out/15	nov/15 a out/16	nov/16 a ago/17	jan/00 a out/15	nov/15 a out/16	nov/16 a ago/17	
RD011 - Rio Gualaxo do Norte	sem resultado	0,362	0,127	sem resultado	0,134	0,096	sem resultado	0,100	0,033	
RD071 - Rio do Carmo	0,209	1,035	0,141	0,104	0,198	0,102	0,100	0,100	0,020	
RD072 - Rio Doce	0,171	2,390	0,201	0,106	0,315	0,102	0,100	0,100	0,045	
RD019 - Rio Casca	0,304	2,896	0,141	0,118	0,375	0,106	0,100	0,100	0,100	
RD023 - Marliéria	0,243	23,200	0,210	0,110	0,827	0,106	0,100	0,100	0,036	
RD035 - Ipatinga	0,183	11,000	0,257	0,109	0,658	0,109	0,100	0,100	0,020	
RD033 - Belo Oriente	0,240	32,200	0,141	0,116	1,065	0,105	0,100	0,100	0,047	
RD083 - Periquito	0,127	2,526	0,207	0,101	0,472	0,112	0,100	0,100	0,059	
RD044 - Gov. Valadares (mont.)	0,190	3,268	0,141	0,108	0,505	0,106	0,100	0,100	0,041	
RD045 - Gov. Valadares (jus.)	0,219	8,090	0,159	0,107	0,638	0,108	0,100	0,100	0,045	
RD053 - Tumiritinga	0,181	8,250	0,929	0,106	0,705	0,169	0,100	0,100	0,037	
RD058 - C. Pena	0,300	6,029	0,447	0,117	0,909	0,146	0,100	0,100	0,077	
RD059 - Resplendor	3,118	10,550	0,216	0,253	1,176	0,115	0,100	0,100	0,045	
RD067 - Aimorés	0,280	3,137	0,209	0,127	0,716	0,118	0,100	0,100	0,043	

● Valor menor que o limite     
 ● Valor até 2x o limite     
 ● valor até 4x o limite     
 ■ valor acima de 4x o limite

Arsênio total (mg/L)		MÁXIMOS			MÉDIAS			MÍNIMOS		
Limite DN 01/08 = 0,01	Série Histórica	1º Período:	2º Período:	Série Histórica	1º Período:	2º Período:	Série Histórica	1º Período:	2º Período:	
	jan/00 a out/15	nov/15 a out/16	nov/16 a ago/17	jan/00 a out/15	nov/15 a out/16	nov/16 a ago/17	jan/00 a out/15	nov/15 a out/16	nov/16 a ago/17	
RD011 - Rio Gualaxo do Norte	sem resultado	0,00344	0,00193	sem resultado	0,00134	0,00119	sem resultado	0,00100	0,00100	
RD071 - Rio do Carmo	0,03930	0,00358	0,00436	0,00654	0,00177	0,00269	0,00030	0,00100	0,00164	
RD072 - Rio Doce	0,02439	0,00337	0,00322	0,00295	0,00145	0,00151	0,00030	0,00100	0,00100	
RD019 - Rio Casca	0,01360	0,00879	0,00272	0,00253	0,00211	0,00168	0,00030	0,00100	0,00100	
RD023 - Marliéria	0,00538	0,09740	0,00235	0,00111	0,00421	0,00135	0,00030	0,00100	0,00100	
RD035 - Ipatinga	0,00666	0,04550	0,00279	0,00107	0,00315	0,00136	0,00030	0,00100	0,00100	
RD033 - Belo Oriente	0,00550	0,10800	0,00302	0,00109	0,00453	0,00151	0,00030	0,00100	0,00100	
RD083 - Periquito	0,00100	0,01433	0,00176	0,00049	0,00334	0,00111	0,00030	0,00100	0,00100	
RD044 - Gov. Valadares (mont.)	0,00370	0,03630	0,00191	0,00068	0,00270	0,00108	0,00030	0,00100	0,00100	
RD045 - Gov. Valadares (jus.)	0,00310	0,02440	0,00176	0,00073	0,00246	0,00111	0,00030	0,00100	0,00100	
RD053 - Tumiritinga	0,00290	0,02870	0,00179	0,00072	0,00205	0,00114	0,00030	0,00100	0,00100	
RD058 - C. Pena	0,00730	0,01230	0,00308	0,00068	0,00213	0,00128	0,00030	0,00100	0,00100	
RD059 - Resplendor	0,00370	0,00375	0,00205	0,00070	0,00167	0,00117	0,00030	0,00100	0,00100	
RD067 - Aimorés	0,00290	0,00396	0,00165	0,00056	0,00151	0,00107	0,00030	0,00100	0,00100	

● Valor menor que o limite     
 ● Valor até 2x o limite     
 ● valor até 4x o limite     
 ■ valor acima de 4x o limite

## INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS

Cádmio total (mg/L)		MÁXIMOS			MÉDIAS			MÍNIMOS		
Limite DN 01/08 = 0,001		Série Histórica	1º Período:	2º Período:	Série Histórica	1º Período:	2º Período:	Série Histórica	1º Período:	2º Período:
		jan/00 a out/15	nov/15 a out/16	nov/16 a ago/17	jan/00 a out/15	nov/15 a out/16	nov/16 a ago/17	jan/00 a out/15	nov/15 a out/16	nov/16 a ago/17
RD011 - Rio Gualaxo do Norte	sem resultado	●	0,0008	●	0,0005	sem resultado	●	0,0005	●	0,0005
RD071 - Rio do Carmo	●	0,0005	●	0,0005	●	0,0005	●	0,0005	●	0,0005
RD072 - Rio Doce	●	0,0005	●	0,0005	●	0,0005	●	0,0005	●	0,0005
RD019 - Rio Casca	●	0,0005	●	0,0011	●	0,0005	●	0,0005	●	0,0005
RD023 - Marliéria	●	0,0005	●	0,0135	●	0,0005	●	0,0008	●	0,0005
RD035 - Ipatinga	●	0,0006	●	0,0080	●	0,0005	●	0,0007	●	0,0005
RD033 - Belo Oriente	●	0,0015	●	0,0158	●	0,0005	●	0,0009	●	0,0005
RD083 - Periquito	●	0,0005	●	0,0005	●	0,0005	●	0,0005	●	0,0005
RD044 - Gov. Valadares (mont.)	●	0,0005	●	0,0015	●	0,0005	●	0,0005	●	0,0005
RD045 - Gov. Valadares (jus.)	●	0,0007	●	0,0015	●	0,0005	●	0,0005	●	0,0005
RD053 - Tumiritinga	●	0,0005	●	0,0009	●	0,0005	●	0,0005	●	0,0005
RD058 - C. Pena	●	0,0005	●	0,0008	●	0,0005	●	0,0005	●	0,0005
RD059 - Resplendor	●	0,0012	●	0,0346	●	0,0005	●	0,0013	●	0,0005
RD067 - Aimorés	●	0,0006	●	0,0005	●	0,0005	●	0,0005	●	0,0005

● Valor menor que o limite

● Valor até 2x o limite

● valor até 4x o limite

● valor acima de 4x o limite

Chumbo total (mg/L)		MÁXIMOS			MÉDIAS			MÍNIMOS		
Limite DN 01/08 = 0,01		Série Histórica	1º Período:	2º Período:	Série Histórica	1º Período:	2º Período:	Série Histórica	1º Período:	2º Período:
		jan/00 a out/15	nov/15 a out/16	nov/16 a ago/17	jan/00 a out/15	nov/15 a out/16	nov/16 a ago/17	jan/00 a out/15	nov/15 a out/16	nov/16 a ago/17
RD011 - Rio Gualaxo do Norte	sem resultado	●	0,44600	●	0,01057	sem resultado	●	0,04110	●	0,00563
RD071 - Rio do Carmo	●	0,01360	●	0,17700	●	0,00555	●	0,01720	●	0,00512
RD072 - Rio Doce	●	0,01385	●	0,05630	●	0,00607	●	0,01339	●	0,00524
RD019 - Rio Casca	●	0,02900	●	0,22100	●	0,00688	●	0,01764	●	0,00510
RD023 - Marliéria	●	0,02500	●	0,53600	●	0,00637	●	0,03534	●	0,00553
RD035 - Ipatinga	●	0,02300	●	1,65000	●	0,00680	●	0,06153	●	0,00552
RD033 - Belo Oriente	●	0,03100	●	1,50000	●	0,00849	●	0,05512	●	0,00562
RD083 - Periquito	●	0,01860	●	0,13330	●	0,00591	●	0,02105	●	0,00534
RD044 - Gov. Valadares (mont.)	●	0,05600	●	0,42400	●	0,00841	●	0,02585	●	0,00685
RD045 - Gov. Valadares (jus.)	●	0,02600	●	0,44200	●	0,00791	●	0,02298	●	0,00560
RD053 - Tumiritinga	●	0,06700	●	0,29200	●	0,00908	●	0,01847	●	0,00577
RD058 - C. Pena	●	0,02700	●	0,24600	●	0,00713	●	0,01914	●	0,00885
RD059 - Resplendor	●	0,03400	●	0,07890	●	0,00793	●	0,01227	●	0,00614
RD067 - Aimorés	●	0,03700	●	0,04210	●	0,00725	●	0,00873	●	0,00555

● Valor menor que o limite

● Valor até 2x o limite

● valor até 4x o limite

● valor acima de 4x o limite

## INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS

Cobre Dissolvido (mg/L)		MÁXIMOS			MÉDIAS			MÍNIMOS							
Limite DN 01/08 = 0,009		Série Histórica	1º Período:	2º Período:	Série Histórica	1º Período:	2º Período:	Série Histórica	1º Período:	2º Período:					
		jan/00 a out/15	nov/15 a out/16	nov/16 a ago/17	jan/00 a out/15	nov/15 a out/16	nov/16 a ago/17	jan/00 a out/15	nov/15 a out/16	nov/16 a ago/17					
RD011 - Rio Gualaxo do Norte	sem resultado		0,040		0,004	sem resultado		0,005		0,004	sem resultado		0,004		0,004
RD071 - Rio do Carmo		0,008		0,028		0,004		0,005		0,004		0,004		0,004	
RD072 - Rio Doce		0,005		0,029		0,004		0,005		0,004		0,004		0,004	
RD019 - Rio Casca		0,411		0,675		0,004		0,011		0,018		0,004		0,004	
RD023 - Marliéria		0,012		0,032		0,004		0,005		0,004		0,004		0,004	
RD035 - Ipatinga		0,011		0,217		0,004		0,009		0,004		0,004		0,004	
RD033 - Belo Oriente		0,021		0,034		0,004		0,005		0,004		0,004		0,004	
RD083 - Periquito		0,004		0,108		0,004		0,006		0,004		0,004		0,004	
RD044 - Gov. Valadares (mont.)		0,009		0,042		0,004		0,005		0,004		0,004		0,004	
RD045 - Gov. Valadares (jus.)		0,009		0,054		0,004		0,005		0,004		0,004		0,004	
RD053 - Tumiritinga		0,012		0,231		0,008		0,004		0,009		0,004		0,004	
RD058 - C. Pena		0,010		0,048		0,004		0,005		0,004		0,004		0,004	
RD059 - Resplendor		0,011		0,042		0,004		0,005		0,004		0,004		0,004	
RD067 - Aimorés		0,009		0,079		0,004		0,006		0,004		0,004		0,004	

Valor menor que o limite

Valor até 2x o limite

valor até 4x o limite

valor acima de 4x o limite

Cromo Total (mg/L)		MÁXIMOS			MÉDIAS			MÍNIMOS							
Limite DN 01/08 = 0,05		Série Histórica	1º Período:	2º Período:	Série Histórica	1º Período:	2º Período:	Série Histórica	1º Período:	2º Período:					
		jan/00 a out/15	nov/15 a out/16	nov/16 a ago/17	jan/00 a out/15	nov/15 a out/16	nov/16 a ago/17	jan/00 a out/15	nov/15 a out/16	nov/16 a ago/17					
RD011 - Rio Gualaxo do Norte	sem resultado		0,246		0,040	sem resultado		0,049		0,040	sem resultado		0,040		0,040
RD071 - Rio do Carmo		0,040		0,084		0,040		0,041		0,040		0,040		0,040	
RD072 - Rio Doce		0,040		0,040		0,040		0,040		0,040		0,040		0,040	
RD019 - Rio Casca		0,050		0,070		0,040		0,041		0,041		0,040		0,040	
RD023 - Marliéria		0,050		1,658		0,040		0,041		0,076		0,040		0,040	
RD035 - Ipatinga		0,050		1,730		0,040		0,041		0,082		0,040		0,040	
RD033 - Belo Oriente		0,050		2,863		0,040		0,041		0,106		0,040		0,040	
RD083 - Periquito		0,040		0,070		0,040		0,041		0,041		0,040		0,040	
RD044 - Gov. Valadares (mont.)		0,090		0,298		0,040		0,042		0,051		0,040		0,040	
RD045 - Gov. Valadares (jus.)		0,050		0,320		0,040		0,041		0,047		0,040		0,040	
RD053 - Tumiritinga		0,050		0,309		0,040		0,041		0,047		0,040		0,040	
RD058 - C. Pena		0,050		0,132		0,040		0,041		0,042		0,040		0,040	
RD059 - Resplendor		0,050		0,040		0,040		0,041		0,040		0,040		0,040	
RD067 - Aimorés		0,050		0,040		0,040		0,041		0,040		0,040		0,040	

Valor menor que o limite

Valor até 2x o limite

valor até 4x o limite

valor acima de 4x o limite

## INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS

Mercúrio total (µg/L)		MÁXIMOS			MÉDIAS			MÍNIMOS								
Limite DN 01/08 = 0,2		Série Histórica	1º Período:	2º Período:	Série Histórica	1º Período:	2º Período:	Série Histórica	1º Período:	2º Período:						
		jan/00 a out/15	nov/15 a out/16	nov/16 a ago/17	jan/00 a out/15	nov/15 a out/16	nov/16 a ago/17	jan/00 a out/15	nov/15 a out/16	nov/16 a ago/17						
RD011 - Rio Gualaxo do Norte	sem resultado		0,8890		0,2000	sem resultado		0,2545		0,2000	sem resultado		0,2000		0,2000	
RD071 - Rio do Carmo		0,2000		0,2000		0,2000		0,2000		0,2000		0,2000		0,2000		0,2000
RD072 - Rio Doce		0,2000		0,2930		0,2000		0,2000		0,2019		0,2000		0,2000		0,2000
RD019 - Rio Casca		0,2000		0,2390		0,2000		0,2000		0,2008		0,2000		0,2000		0,2000
RD023 - Marliéria		0,2000		0,2290		0,2000		0,2000		0,2011		0,2000		0,2000		0,2000
RD035 - Ipatinga		0,2000		0,2000		0,2000		0,2000		0,2000		0,2000		0,2000		0,2000
RD033 - Belo Oriente		0,2000		0,2000		0,2000		0,2000		0,2000		0,2000		0,2000		0,2000
RD083 - Periquito		0,2000		0,2000		0,2000		0,2000		0,2000		0,2000		0,2000		0,2000
RD044 - Gov. Valadares (mont.)		0,2000		0,2250		0,2000		0,2000		0,2005		0,2000		0,2000		0,2000
RD045 - Gov. Valadares (jus.)		0,2000		0,2590		0,2000		0,2000		0,2013		0,2000		0,2000		0,2000
RD053 - Tumiritinga		0,2000		0,3970		0,2000		0,2000		0,2089		0,2000		0,2000		0,2000
RD058 - C. Pena		0,2000		0,4020		0,2000		0,2000		0,2077		0,2000		0,2000		0,2000
RD059 - Resplendor		0,2500		0,5290		0,2000		0,2016		0,2077		0,2000		0,2000		0,2000
RD067 - Aimorés		0,2000		0,4890		0,2000		0,2000		0,2074		0,2000		0,2000		0,2000

● Valor menor que o limite     
 ● Valor até 2x o limite     
 ● valor até 4x o limite     
 ■ valor acima de 4x o limite

Níquel total (mg/L)		MÁXIMOS			MÉDIAS			MÍNIMOS								
Limite DN 01/08 = 0,025		Série Histórica	1º Período:	2º Período:	Série Histórica	1º Período:	2º Período:	Série Histórica	1º Período:	2º Período:						
		jan/00 a out/15	nov/15 a out/16	nov/16 a ago/17	jan/00 a out/15	nov/15 a out/16	nov/16 a ago/17	jan/00 a out/15	nov/15 a out/16	nov/16 a ago/17						
RD011 - Rio Gualaxo do Norte	sem resultado		0,14400		0,00762	sem resultado		0,01657		0,00458	sem resultado		0,00400		0,00400	
RD071 - Rio do Carmo		0,01110		0,05500		0,00802		0,00479		0,00763		0,00452		0,00400		0,00400
RD072 - Rio Doce		0,01930		0,02383		0,00644		0,00536		0,00671		0,00433		0,00400		0,00400
RD019 - Rio Casca		0,02800		0,09900		0,00648		0,00620		0,00872		0,00433		0,00400		0,00400
RD023 - Marliéria		0,01400		2,28000		0,00837		0,00534		0,05812		0,00457		0,00400		0,00400
RD035 - Ipatinga		0,00900		0,95100		0,00699		0,00471		0,03379		0,00463		0,00400		0,00400
RD033 - Belo Oriente		0,02300		2,13000		0,00896		0,00684		0,05952		0,00477		0,00400		0,00400
RD083 - Periquito		0,01400		0,06956		0,00515		0,00482		0,01062		0,00414		0,00400		0,00400
RD044 - Gov. Valadares (mont.)		0,01000		0,21600		0,00994		0,00470		0,01321		0,00441		0,00400		0,00400
RD045 - Gov. Valadares (jus.)		0,01800		0,21100		0,00716		0,00533		0,01135		0,00420		0,00400		0,00400
RD053 - Tumiritinga		0,02000		0,25000		0,01649		0,00567		0,01138		0,00511		0,00400		0,00400
RD058 - C. Pena		0,02420		0,10600		0,01841		0,00577		0,00857		0,00602		0,00400		0,00400
RD059 - Resplendor		0,01500		0,03372		0,01091		0,00550		0,00579		0,00504		0,00400		0,00400
RD067 - Aimorés		0,01800		0,05206		0,00772		0,00516		0,00596		0,00430		0,00400		0,00400

● Valor menor que o limite     
 ● Valor até 2x o limite     
 ● valor até 4x o limite     
 ■ valor acima de 4x o limite

## INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS

Zinco Total (mg/L)	MÁXIMOS			MÉDIAS			MÍNIMOS		
	Série Histórica jan/00 a out/15	1º Período: nov/15 a out/16	2º Período: nov/16 a ago/17	Série Histórica jan/00 a out/15	1º Período: nov/15 a out/16	2º Período: nov/16 a ago/17	Série Histórica jan/00 a out/15	1º Período: nov/15 a out/16	2º Período: nov/16 a ago/17
Limite DN 01/08 = 0,18									
RD011 - Rio Gualaxo do Norte	sem resultado	● 0,1271	● 0,0277	sem resultado	● 0,0291	● 0,0214	sem resultado	● 0,0200	● 0,0200
RD071 - Rio do Carmo	● 0,0597	● 0,1093	● 0,0240	● 0,0258	● 0,0280	● 0,0205	● 0,0200	● 0,0200	● 0,0200
RD072 - Rio Doce	● 0,0740	● 0,0267	● 0,5390	● 0,0288	● 0,0207	● 0,0530	● 0,0200	● 0,0200	● 0,0200
RD019 - Rio Casca	● 0,1600	● 0,1129	● 0,2860	● 0,0339	● 0,0288	● 0,0372	● 0,0200	● 0,0200	● 0,0200
RD023 - Marliéria	● 0,6100	● 0,0695	● 0,0266	● 0,0523	● 0,0260	● 0,0206	● 0,0100	● 0,0200	● 0,0200
RD035 - Ipatinga	● 0,2000	● 0,0384	● 0,0730	● 0,0369	● 0,0254	● 0,0272	● 0,0200	● 0,0200	● 0,0200
RD033 - Belo Oriente	● 0,1700	● 0,0454	● 0,0402	● 0,0450	● 0,0237	● 0,0254	● 0,0200	● 0,0200	● 0,0200
RD083 - Periquito	● 0,0626	● 0,2638	● 0,0905	● 0,0246	● 0,0373	● 0,0285	● 0,0200	● 0,0200	● 0,0200
RD044 - Gov. Valadares (mont.)	● 0,1000	● 0,0804	● 0,0335	● 0,0352	● 0,0267	● 0,0215	● 0,0100	● 0,0200	● 0,0200
RD045 - Gov. Valadares (jus.)	● 0,2700	● 0,1341	● 0,8610	● 0,0391	● 0,0319	● 0,0805	● 0,0100	● 0,0200	● 0,0200
RD053 - Tumiritinga	● 0,1834	● 0,1245	● 0,0675	● 0,0403	● 0,0337	● 0,0239	● 0,0200	● 0,0200	● 0,0200
RD058 - C. Pena	● 0,1750	● 0,0684	● 0,0948	● 0,0478	● 0,0247	● 0,0345	● 0,0100	● 0,0200	● 0,0200
RD059 - Resplendor	● 0,0987	● 0,0777	● 0,0552	● 0,0398	● 0,0240	● 0,0249	● 0,0200	● 0,0200	● 0,0200
RD067 - Aimorés	● 0,1500	● 0,5740	● 0,0932	● 0,0401	● 0,0590	● 0,0263	● 0,0200	● 0,0200	● 0,0200

● Valor menor que o limite     
 ● Valor até 2x o limite     
 ● valor até 4x o limite     
 ■ valor acima de 4x o limite