

Programas de monitoreo de la calidad del agua para evaluar impactos ambientales con un enfoque de parámetros de monitoreo vs accidentes ambientales

Zenilde das Graças Guimraães Viola
Coordinador de Laboratorios
Centro de Innovación y Tecnología – CIT SENAI



CENTRO DE
INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA

El CIT - Centro de Innovación y Tecnología SENAI está formado por un conjunto de Institutos que se comprometen a ofrecer hoy las soluciones para los principales retos del mañana.

Un verdadero complejo científico, reconocido mundialmente. En los últimos años, hemos hecho que la industria minera y nacional sea cada vez más competitiva, además de promover ideas que facilitan la vida de millones de personas



MISIÓN

Promover la industria de Minas Gerais en consonancia con los intereses de la sociedad, estimulando los valores de la libre iniciativa y el espíritu empresarial

VISIÓN

Ser un Centro de Excelencia Mundial en tecnología e innovación, que contribuya a la sostenibilidad y competitividad de la industria en 2025.

EL CIT

CIT

Innovación y tecnología en:



68 laboratorios

con equipos
modernos



30 mil m²

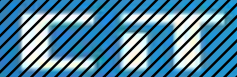
de la superficie
construida



Situado en un campus de

121 mil m²

NUESTRAS ÁREAS DE ACTIVIDAD



Ingeniería de superficies



Tecnología del automóvil



Metrología



Procesamiento de minerales



Medio Ambiente



Centro de Innovación en Ergonomía



Metalurgia y aleaciones especiales



Química



Educación y Tecnología para la industria



Alimentación y bebidas



Metalmecánica



FIEMG Lab



Instituto Tecnológico SENAI en Medio Ambiente y en Química



Soluciones integradas en mediciones ambientales, tecnología sostenible aplicada a los procesos y recuperación medioambiental.

PROGRAMAS DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA

¿Qué significa controlar la calidad del agua?

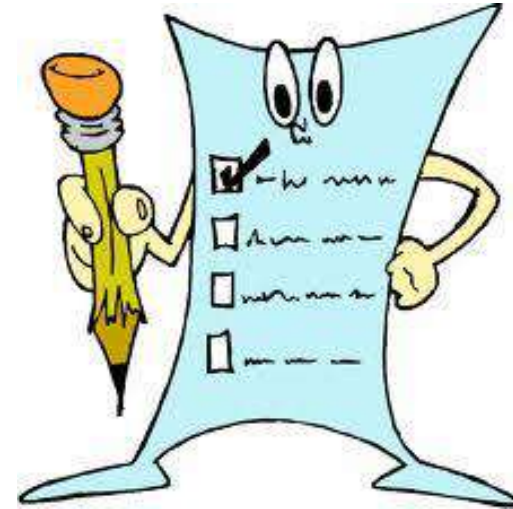
La monitorización es el conjunto de prácticas que tienen como objetivo el seguimiento de determinadas características de un sistema, siempre asociadas a un objetivo.

- ✓ Se controlan los cambios en las características físicas, químicas y biológicas del agua resultantes de las actividades humanas y los fenómenos naturales
- ✓ Las prácticas incluyen la recogida de datos y muestras de agua en lugares específicos (georreferenciados), realizados a intervalos de tiempo regulares, con el fin de generar información que pueda utilizarse para definir las condiciones actuales de la calidad del agua



Temas esenciales

- ¿Por qué tomar una muestra?
- ¿Dónde tomar la muestra?
- ¿Cuándo tomar una muestra?
- ¿Qué muestra?



Programa de Monitoreo



- informar cuando hay cambios y variaciones en las características del agua
- prever la recogida sistemática de datos en puntos de muestreo seleccionados
- seguir la evolución de las condiciones de calidad del agua a lo largo del tiempo proporcionando series temporales de datos

Etapas

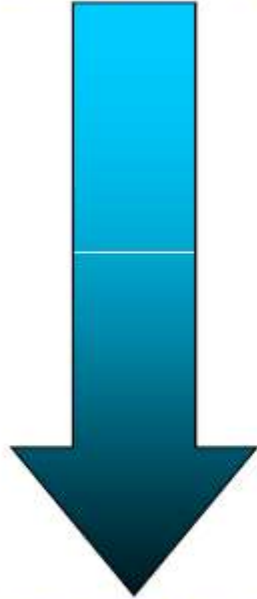
- definición de los objetivos del muestreo
- selección de los parámetros y de los lugares de muestreo
- determinación del número de muestras y de la frecuencia de muestreo
- selección de los métodos analíticos
- selección de los métodos de recogida y conservación de las muestras
- aplicación de métodos de control de calidad de los datos obtenidos

Metas

- Registro del nivel de referencia de la calidad del agua
- Para identificar las áreas críticas de contaminación
- Para controlar los vertidos
- Garantizar el cumplimiento de las normas según los usos definidos (eficacia del marco)
- Investigar la variabilidad espacial y las tendencias a largo plazo de la calidad del agua
- **Para supervisar la recuperación tras el accidente**
- Verificar la eficacia de la gestión de los recursos hídricos
- desarrollo de la investigación;
- Calibración y uso de modelos matemáticos;
- estudios de eutrofización
- estudios de contaminación bacteriana
- estudios de toxicidad; y
- determinar las causas de la mortalidad de los peces y otros efectos.

Classes de Enquadramento

QUALIDADE DA ÁGUA
EXCELENTE



QUALIDADE DA ÁGUA
RUIM

Classe especial

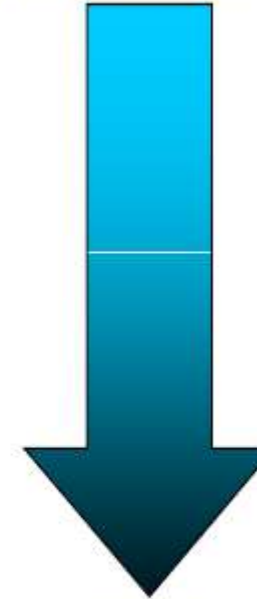
Classe 1

Classe 2

Classe 3

Classe 4

USOS
MAIS EXIGENTES



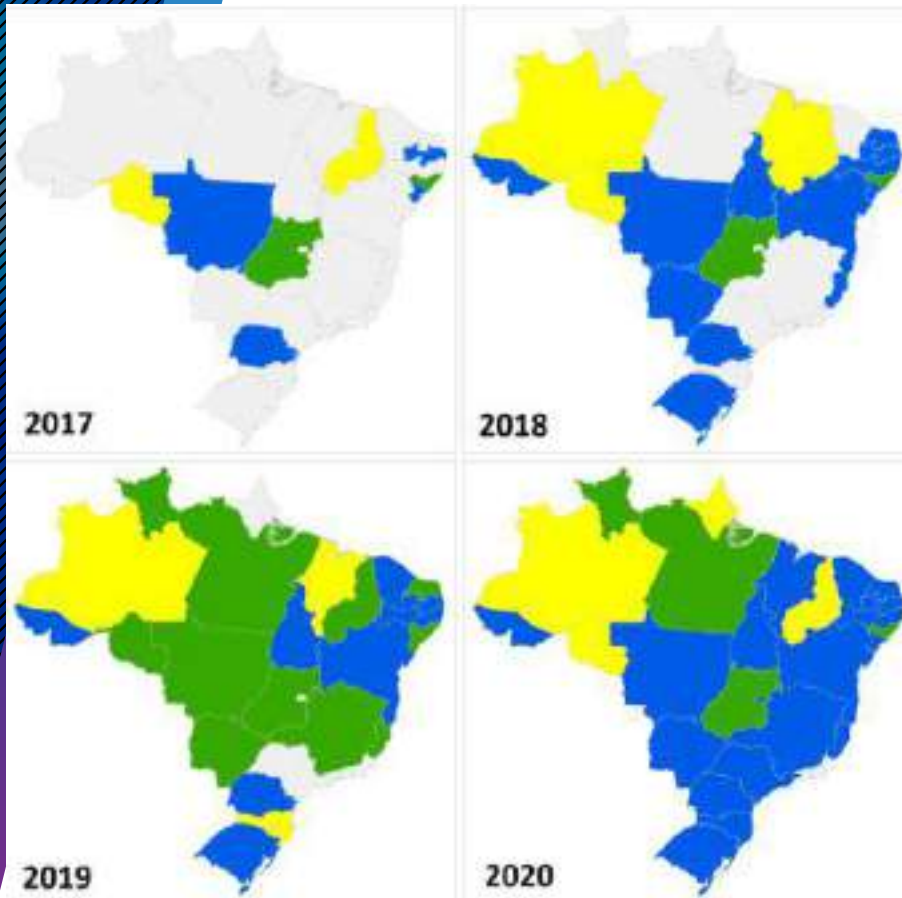
USOS
MENOS EXIGENTES

Bases para la definición de las normas de calidad

En general, se definen las normas de calidad:

- **Norma:** valor límite adoptado como requisito normativo para un parámetro de calidad del agua o del efluente (CONAMA 357/2005).
- Basado en la calidad del agua naturalmente disponible;
- En el tipo de uso previsto, teniendo en cuenta las restricciones de cada actividad.

Frecuencia de recogida de muestras adoptada por los estados brasileños



LEGENDA

- Variável não selecionada ou es
- Nível 1** - Não existe rede de qu específicas operadas pelos set
- Nível 2** - Existe uma rede de q menos de 15% dos pontos pre forme diretrizes e procedimen os dados gerados disponibiliza
- Nível 3** - Existe uma rede de q menos de 30% dos pontos pre forme diretrizes e procedimen os dados gerados disponibiliza
- Nível 4** - Existe uma rede de q menos de 50% dos pontos pre forme diretrizes e procedimen os dados gerados disponibiliza



imento redes

responde por operação con-QUALIÁGUA) e

responde por operação con-QUALIÁGUA) e

responde por operação con-QUALIÁGUA) e

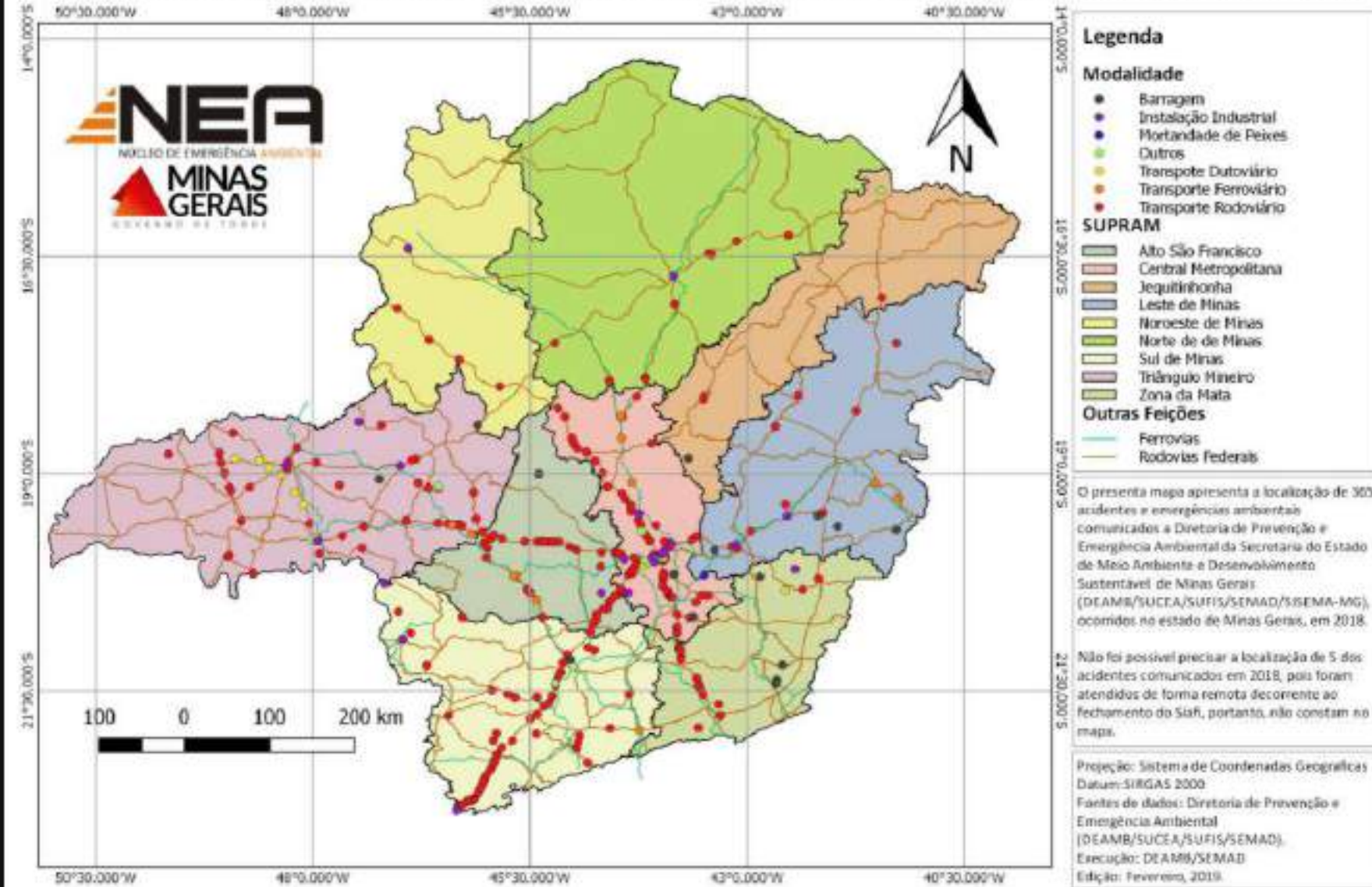
Recomendação da Agencia Nacional de Águas ([Resolução ANA nº 903/2013](https://progestao.ana.gov.br/progestao-1/acompanhamento-programa/aplicacao-dos-recursos/acompanhamento-das-metas-estaduais/metastaduais-progestao-2/variaveis-de-informacao-e-suporte/situacao-da-variavel-3-4-monitoramento-de-qualidade-de-agua))

<https://progestao.ana.gov.br/progestao-1/acompanhamento-programa/aplicacao-dos-recursos/acompanhamento-das-metas-estaduais/metastaduais-progestao-2/variaveis-de-informacao-e-suporte/situacao-da-variavel-3-4-monitoramento-de-qualidade-de-agua>

ACCIDENTES AMBIENTALES

MAPA DE ACIDENTES AMBIENTAIS COMUNICADOS AO NÚCLEO DE EMERGÊNCIA AMBIENTAL EM 2018

http://www.meioambiente.mg.gov.br/images/stories/2019/ACIDENTE_AMBIENTAL/mapa_de_acidentes_ambientais_em_2018.jpg



Historia de la rotura de presas en Minas Gerais



En junio de 2001: en el distrito de São Sebastião das Águas Claras (Macacos) / Nova Lima, en la región metropolitana de Belo Horizonte, cinco personas murieron y 79 hectáreas de Mata Atlántica fueron devastadas por el colapso de la presa de relaves de la Mineração Rio Verde.



29 de marzo de 2003: los residuos químicos del embalse de la industria de Papel y Celulosa Cataguases, ubicada en la Zona da Mata de Minas Gerais, llegaron a los ríos Pomba y Paraíba do Sul, impactando a 39 municipios de la Zona da Mata y a ocho ciudades del norte de Río de Janeiro. El volumen de residuos sólidos superó los 1.400.000 m³, material resultante de la cocción de la madera para la extracción de pasta, compuesto básicamente por hidróxido de sodio y materia orgánica, además de plomo, azufre, hipoclorito de calcio, sulfuro de sodio, antraquinona y otros metales, productos utilizados en la fabricación de papel.

Historia de la rotura de presas en Minas Gerais

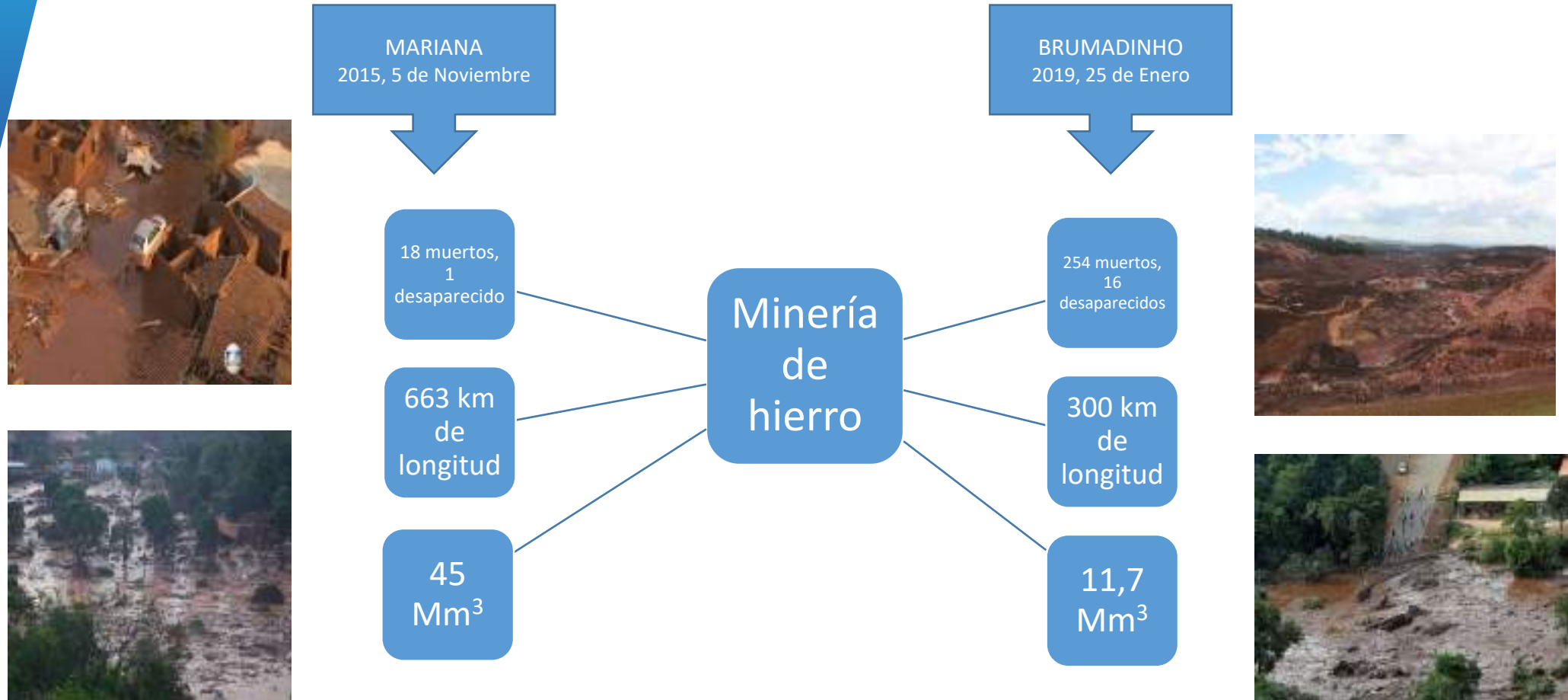


Septiembre de 2003: un tren de mercancías de Ferrovía Centro Atlântica (FCA) con destino a Paulínia, en el interior de São Paulo, descarriló en Uberaba provocando el mayor desastre ambiental del Triángulo Mineiro. Los vagones transportaban productos químicos peligrosos, que cayeron cerca del arroyo Alegria, uno de los afluentes del río Uberaba, responsable del abastecimiento de la ciudad. El accidente causó la devastación de 1.000 metros de bosque ribereño, varios animales muertos, un arroyo contaminado con 670 toneladas de productos químicos y más de 250.000 personas sin agua.



Enero de 2007 : La ruptura de una presa de residuos mineros de bauxita en Mirai, cuando la ciudad fue devastada por la fuga de dos mil millones de litros de lodo de la Mineración Rio Pomba Cataguases. Más de 2.000 personas se quedaron sin hogar e incluso municipios del estado de Río de Janeiro se vieron afectados por la falta de agua potable.

Historia de la rotura de presas en Minas Gerais



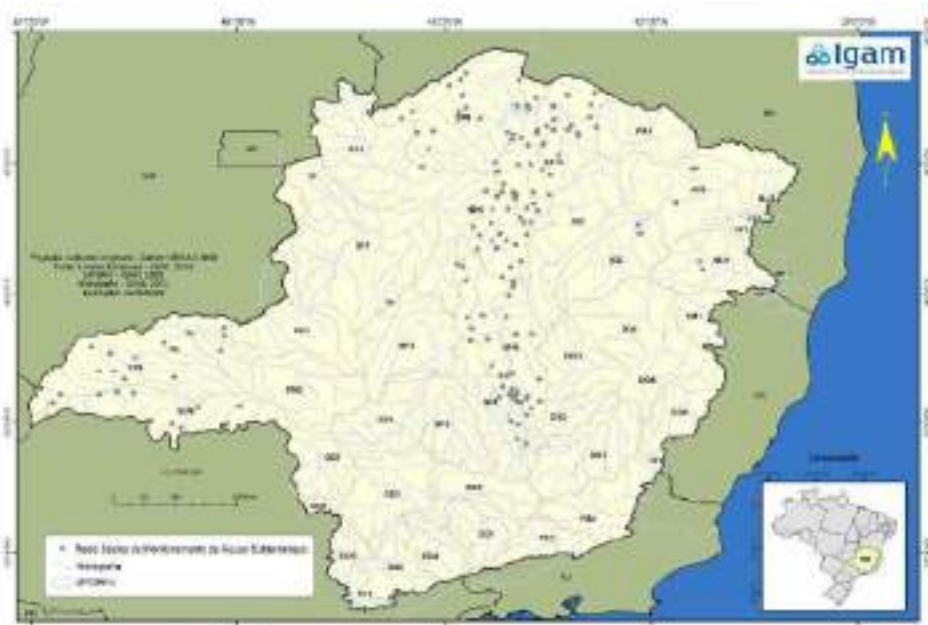
Y LA CALIDAD DEL AGUA?

ENTONCES TENEMOS LA IMPORTANCIA DE LAS
SERIES HISTÓRICAS DE MONITOREO

Programa Águas de Minas



- ✓ Red de vigilancia de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas en el estado de Minas Gerais
- ✓ Muestreo periódico de 645 estaciones de aguas superficiales y 143 de aguas subterráneas



Fonte: IGAM (2020) Red de Monitoramento de Água Subterrânea



Fonte: IGAM (2020)

Red de Monitoramento de Água Superficial

- ✓ Grupos de Indicadores:
 - Físico-químico: unos 52 parámetros (SUP) y 69 parámetros (SUB)
 - Macroinvertebrados bentónicos
 - Cianobacterias y cianotoxinas
 - Coliformes totales y E.coli
 - Clorofila a y feofitina
 - Pruebas ecotoxicológicas

Colecciones y análisis de laboratorio realizados por el CIT SENAI

Personal de campo cualificado

- Formación periódica
- Calidad del muestreo



Infraestructura de campo

- Equipos portátiles
- Barcos y remolques
- Vehículos apropiados

Muestra de transporte

- Logística de recepción y envío de muestras



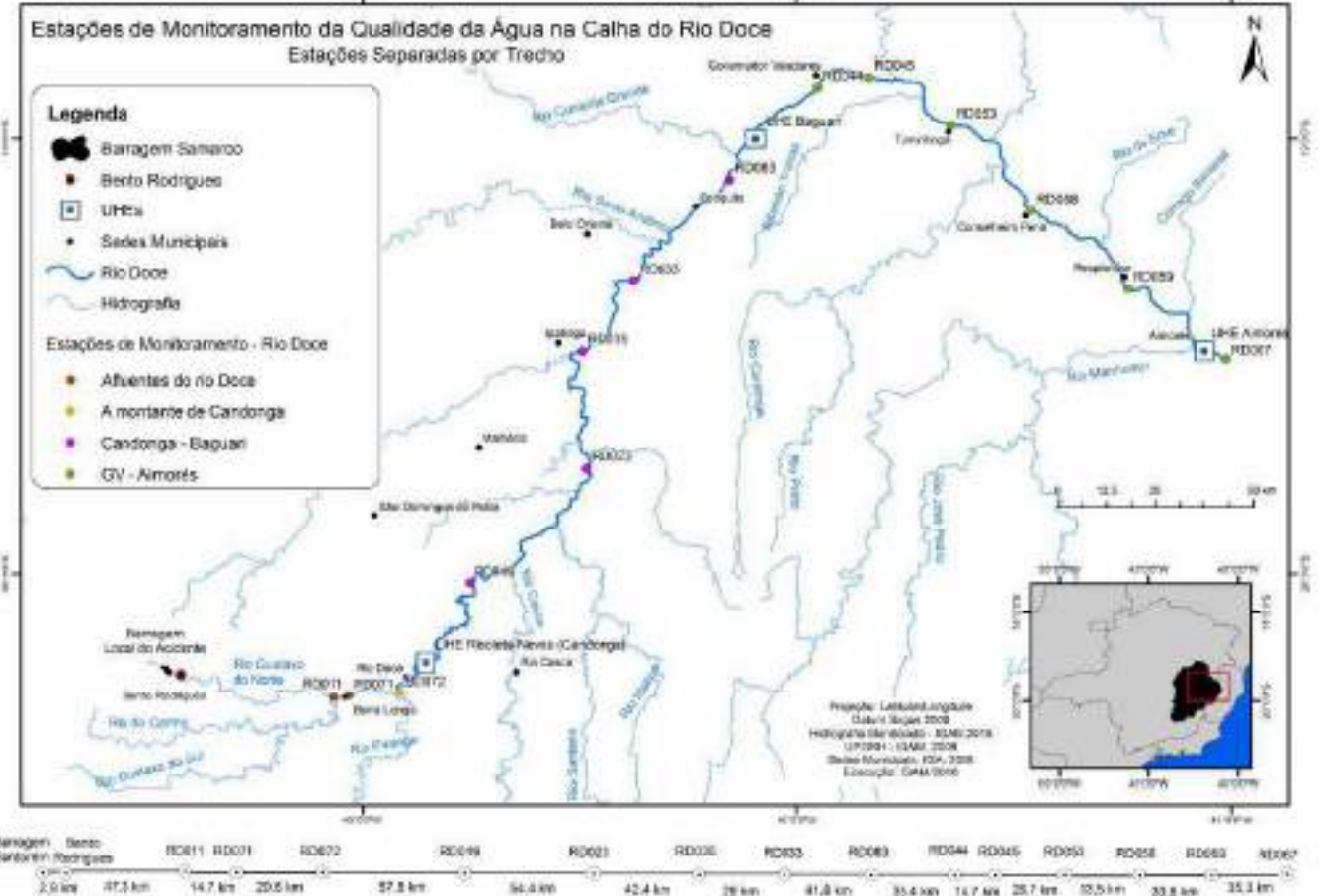
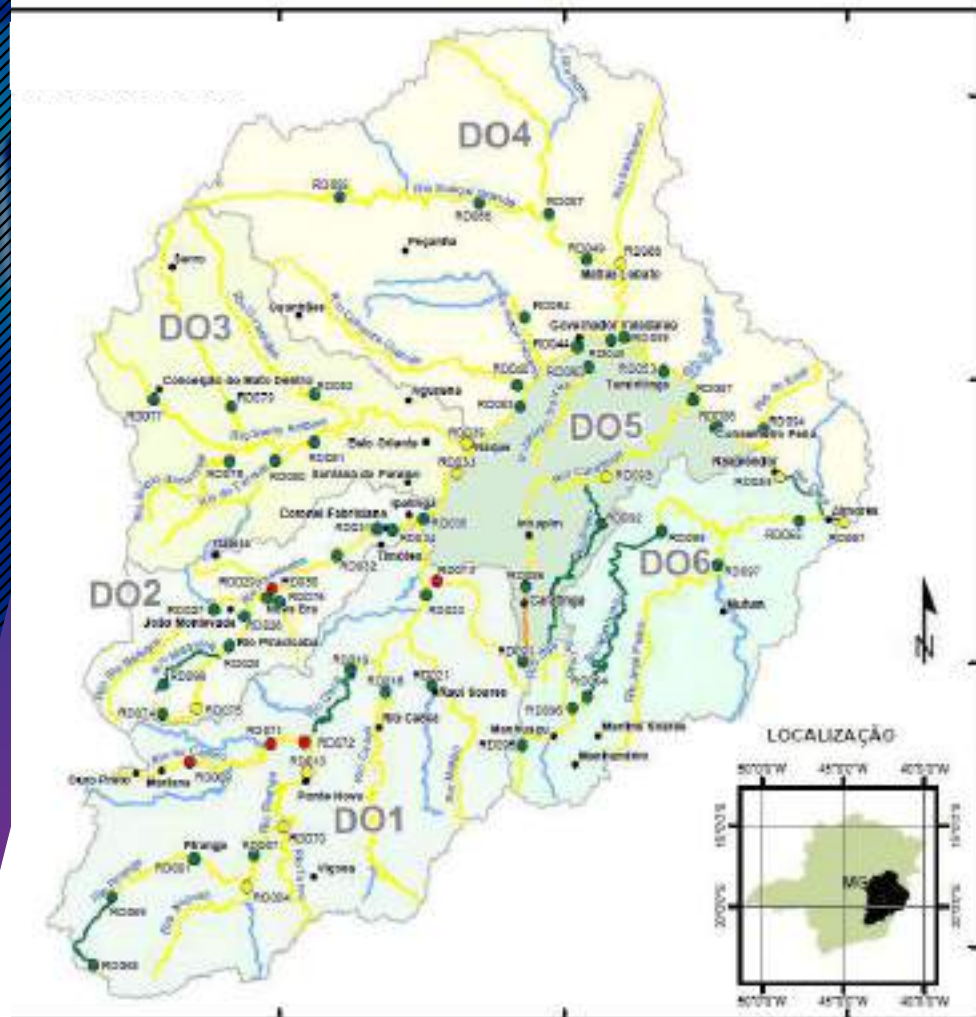
Parámetros de calidad del agua evaluados en las estaciones de muestreo del Programa Águas de Minas

Parâmetros		
Alcalinidade Bicarbonato	Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO*	Nitrogênio Amoniacal Total*
Alcalinidade Total	Demanda Química de Oxigênio – DQO*	Nitrogênio Orgânico
Alumínio Dissolvido	Densidade de Cianobactérias*	Oleos e Gorduras
Arsênio Total	Dureza (Cálcio)	Oxigênio Dissolvido – OD*
Bário Total	Dureza (Magnésio)	pH in loco*
Boro Total	Dureza Total	Potássio
Cádmio Total	Ensaio de Toxicidade Crônica†	Selênio Total
Cálcio	Estanho total	Sólidos Dissolvidos*
Chumbo Total	Fósforo Total	Sólidos em Suspensão*
Cianeto Livre	Fosfina*	Sólidos Totais*
Cianotoxinas#	Ferro Dissolvido	Sólidos sedimentáveis
Cloreto Total*	Fósforo Total*	Substâncias tencionáveis
Clorofila a*	Macroinvertebrados bentônicos†	Sulfatos
Cobre Dissolvido	Magnésio Total	Sulfetos
Coliformes Termotolerantes/E. coli*	Manganes Total	Temperatura da Água/Air*
Coliformes Totais*	Mercurio Total	Transparência da Água
Condutividade Elétrica in loco*	Níquel Total	Turbidez*
Cm Verdadeira	Nitrato*	Zinco Total
Cromo Total	Nitrilo	COT em sedimentos

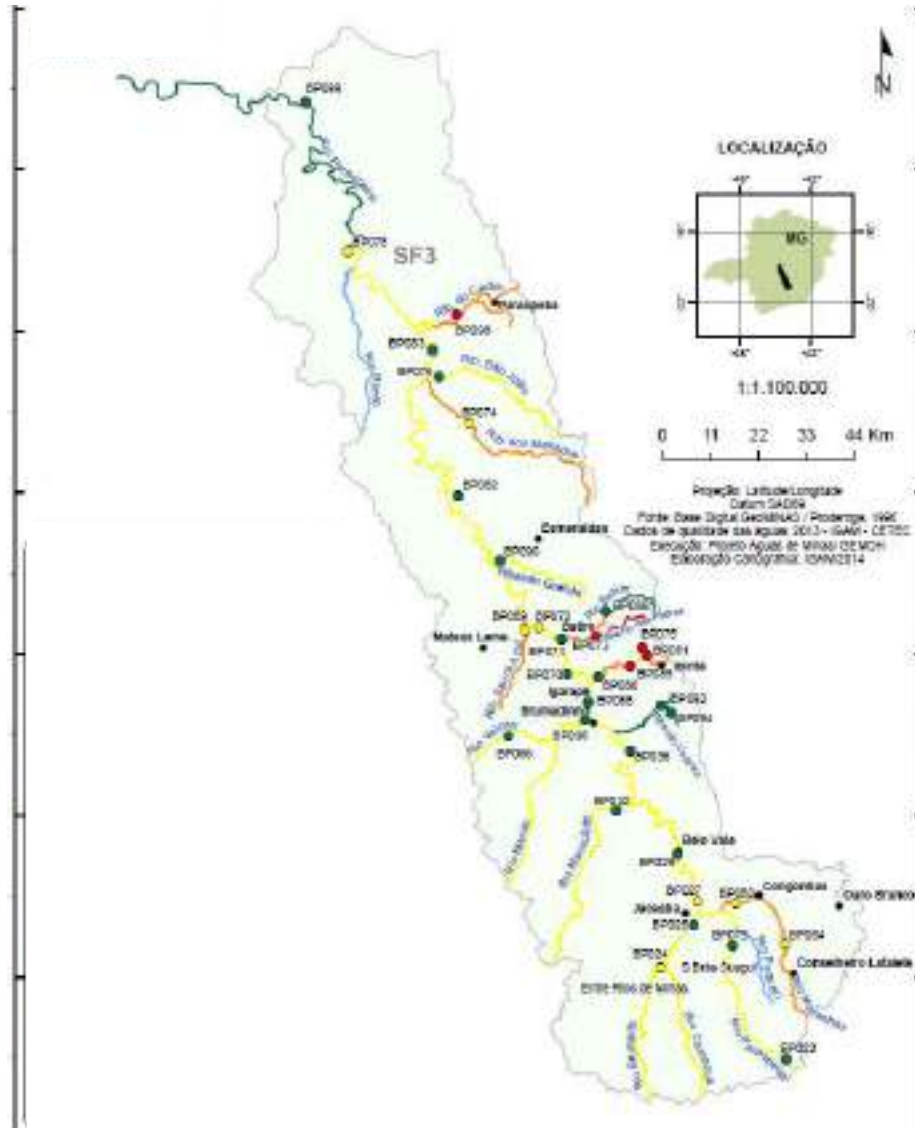
*Parâmetros comuns a todos os pontos nas campanhas intermediárias

Parâmetros analisados apenas em pontos específicos

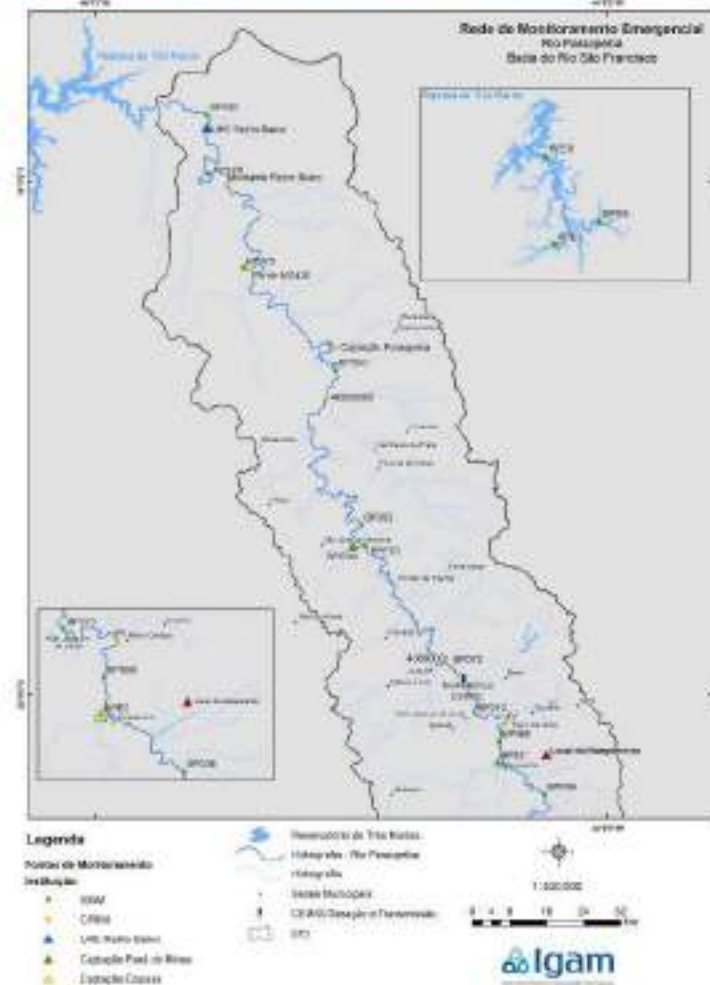
Monitoreo de la cuenca del río Doce



Monitoreo de la cuenca del río Paraopeba



MAPA DA REDE DE MONITORAMENTO EMERGENCIAL DO RIO PARAÓPEBA

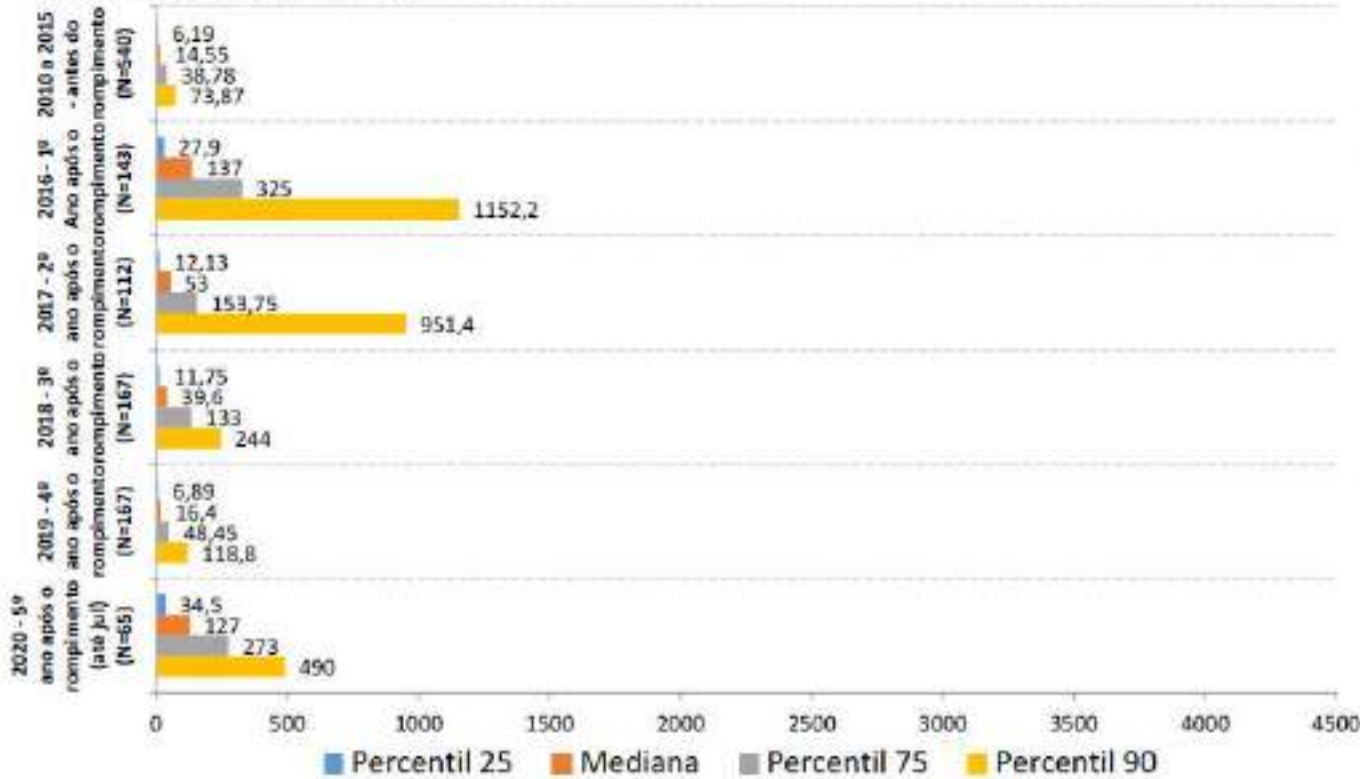


Resultados del monitoreo de la cuenca del río Doce

Estadística dos valores de Turbidez (NTU) em todos os trechos

Ocorrências de Violações -
Períodos Chuvoso e Seco

Instituto Mineiro de Gestão das Águas - 2020



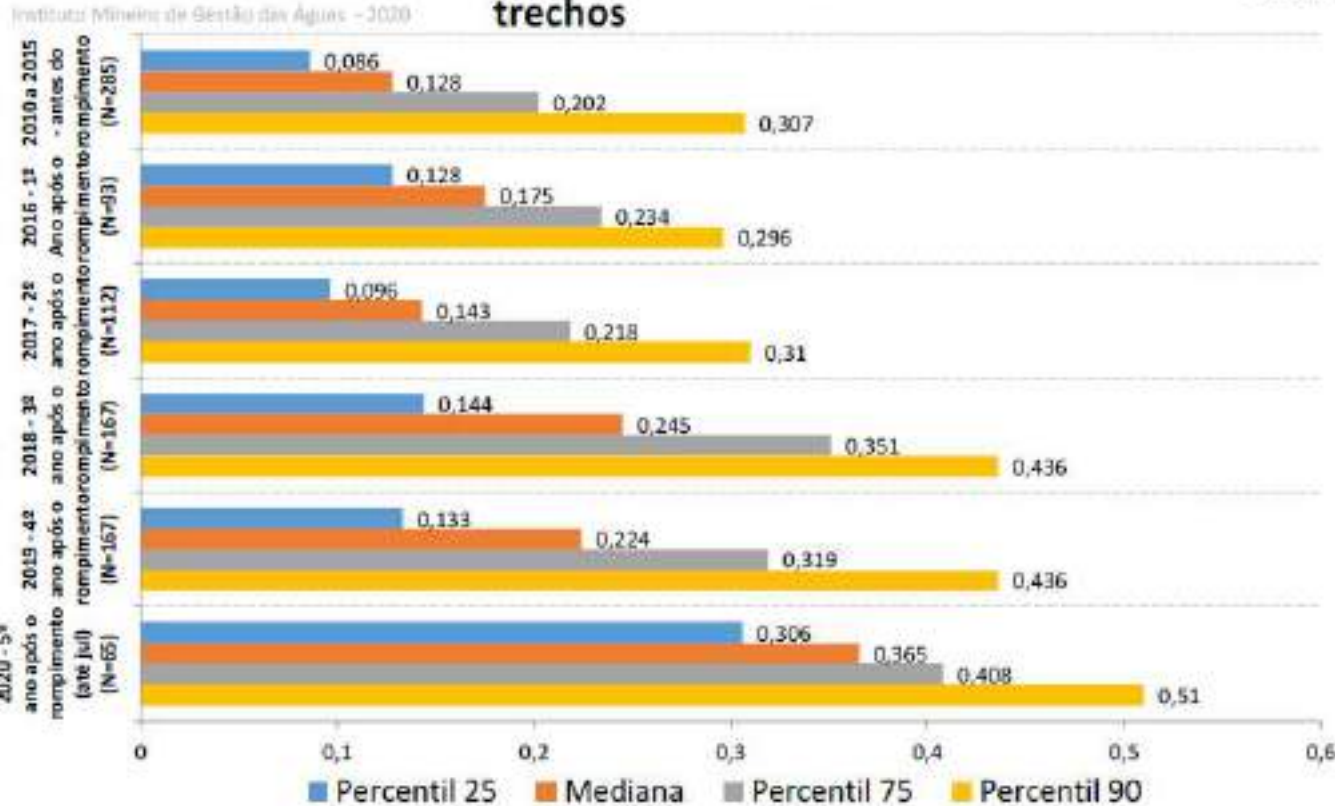
http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/2016/QUALIDADE/ENCARTE_ESPECIAL_SOBRE_A_QUALIDADE_DA_QUALIDADE_DO_RIO_DOCE_APÓS_O_ROMPIMENTO_DE_BARRAGEM_DA_SAMARCO_NO_DISTRITO_DE_BENTO_RODRIGUES.pdf

El análisis estadístico de los resultados de la turbidez en el período previo a la y cuatro años y medio después del colapso de la presa de Fundão, en el tramos de la cuenca del río Doce directamente afectados

Resultados del monitoreo de la cuenca del río Doce

Estadística dos valores de Ferro dissolvido (mg/L) em todos os trechos

Ocorrências de Violações -
Períodos Chuvoso e Seco



http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/2016/QUALIDADE/ENCARTE_ESPECIAL SOBRE_A_QUALIDADE_DA_UA_DO_RIO_DOCE_APÓS_O_ROMPIMENTO_DE_BARRAGEM_DA_SAMARCO_NO_DISTRITO_DE_BENTO_RODRIGUES.pdf

Análisis estadístico de los resultados del hierro disuelto en el período previo a la ruptura y cuatro años y medio después del derrumbe de la presa de Fundão, en el tramos de la cuenca del río Doce directamente afectados

Turbidez (NTU)

Instituto Nacional de Metrologia de Colombia - 2020

Limite Classe 2 DN 1/08: 100 NTU				2010-out/2015 (Série Hist.)	Série emergencial até 60 dias após o rompimento	2019	2020 (até junho)
Trecho	Pontos	Rio Doce	distância (km) e local	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo
1	RD011	50	Rio Gualaxo do Norte	sem dados	32510	118	885
1	RD071	65	Rio do Carmo	744	32848	73,4	540
1	RD072	86	município de Rio Doce	604	435400	370	536
2	RD019	143	município de Rio Casca	318	597400	167	652
2	RD023	198	Marliéria	280	606200	204	543
2	RD035	240	Ipatinga	382	334600	243	384
2	RD033	269	Belo Oriente	955	497500	287	447
2	RD083	311	Periquito	181	21480	150	273
3	RD044	346	Gov. Valadares	217	140000	177	461
3	RD045	361	Gov. Valadares	233	81440		
3	RD053	388	Tumiritinga	97,4	74160		
3	RD058	421	Conselheiro Pena	157	89220		
3	RD059	455	Resplendor	123	28500		
4	RD067	490	Aimorés	177	10050		

Escala tricolor			
Valor	Até o Limite DN 01/08	Até 2 x Limite DN 01/08	Acima 10 x Limite DN 01/08
Cor			
Visualização			

Ferro dissolvido (mg/L)

Instituto Nacional de Metrologia de Colombia - 2020

Limite Classe 2 DN 1/08: 0,3 mg/L				2010-out/2015 (Série Hist.)	Série emergencial até 60 dias após o rompimento	2019	2020 (até junho)
Trecho	Pontos	Rio Doce	distância (km) e local	Máximo	Máximo	Máximo	Máximo
1	RD011	50	Rio Gualaxo do Norte	sem dados	0,951	0,3748	0,3452
1	RD071	65	Rio do Carmo	0,279	2,62	0,3682	0,3447
1	RD072	86	município de Rio Doce	0,538	6,758	0,9991	0,5754
2	RD019	143	município de Rio Casca	0,488	18,73	0,5653	0,5183
2	RD023	198	Marliéria	0,358	23,6	0,4899	1,145
2	RD035	240	Ipatinga	0,457	18,01	0,7546	0,3571
2	RD033	269	Belo Oriente	0,382	32,26	0,9626	0,3647
2	RD083	311	Periquito	0,381	4,583	0,4835	0,4079
3	RD044	346	Gov. Valadares	0,573	3,49	0,6141	0,4718
3	RD045	361	Gov. Valadares	0,449	6,9	0,5712	0,9173
3	RD053	388	Tumiritinga	0,476	7,13	1,858	0,4266
3	RD058	421	Conselheiro Pena	0,624	5,67	0,4204	0,4517
3	RD059	455	Resplendor	0,58	8,615	0,4668	0,5457
4	RD067	490	Aimorés	0,396	4,456	1,2251	0,4973

Resultados del monitoreo de la cuenca del río Doce

http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/2020/QUALIDA_DE_AGUAS/Boletim_do_Cidadao_Rio_Doce_FINAL.pdf

Turbidez (NTU)

Ipom, 2021

Limite Classe 2 DN 1/08: 100 NTU			2000-2018 (Série Hist.)	Série emergencial até 60 dias após o rompimento		agosto de 2021	setembro de 2021
Trecho	Pontos	Rio Paraopeba: distância (km) e local	Máximo	Máximo	Mínimo	Máximo	Máximo
montante	BP036	-10 Brumadinho (a montante)	609,00	439,00	34,10	8,60	15,40
1	BPE2	20 Captação RMBH em Brumadinho	sem dados	30240,00	407,00	10,80	12,00
	BP068	25 Mário Campos	596,00	34500,00	40,40	6,90	6,90
	BP070	42 S. Joaquim de Bicas	1856,00	18588,00	44,40	7,70	7,30
2	BP072	59 Betim	1268,00	17148,00	23,40	5,20	7,40
	BPE3	113 Mont. Capt. Pará de Minas	sem dados	3487,00	107,00		12,50
	BP082	123 Esmeraldas	1010,00	4854,00	12,80	17,70	40,70
3	BP083	192 Paraopeba	775,00	1545,00	12,00	18,90	14,30
	BP077	203 Paraopeba	sem dados	sem dados	sem dados	21,80	16,10
	BP078	251 Curvelo	766,00	818,00	10,90	24,80	8,10
	BP087	279 Antes de Retiro Baixo	sem dados	sem dados	sem dados	8,30	2,50
-	BPE9	315 Rib. Gomes, foz depois de Retiro Baixo	sem dados	sem dados	sem dados	5,80	3,10
4	BP099	318 Depois de Retiro Baixo	546,00	1140,00	6,30	2,60	1,60
	BPE6	353 Braço do reservatório em Felixlândia	sem dados	12,40	2,90	4,50	10,60
5	BPE7	400 Braço do reservatório em Abaeté	sem dados	4,40	4,20	3,00	6,50
	BPE8	423 Dentro do reservatório de Três Marias	sem dados	6,50	2,50	8,70	4,30

Escala tricolor			
Valor	Até o Limite DN 01/08	Até 2 x Limite DN 01/08	Acima 10 x Limite DN 01/08
Cor			
Visualização			

Resultados del monitoreo de la cuenca del río Paraopeba

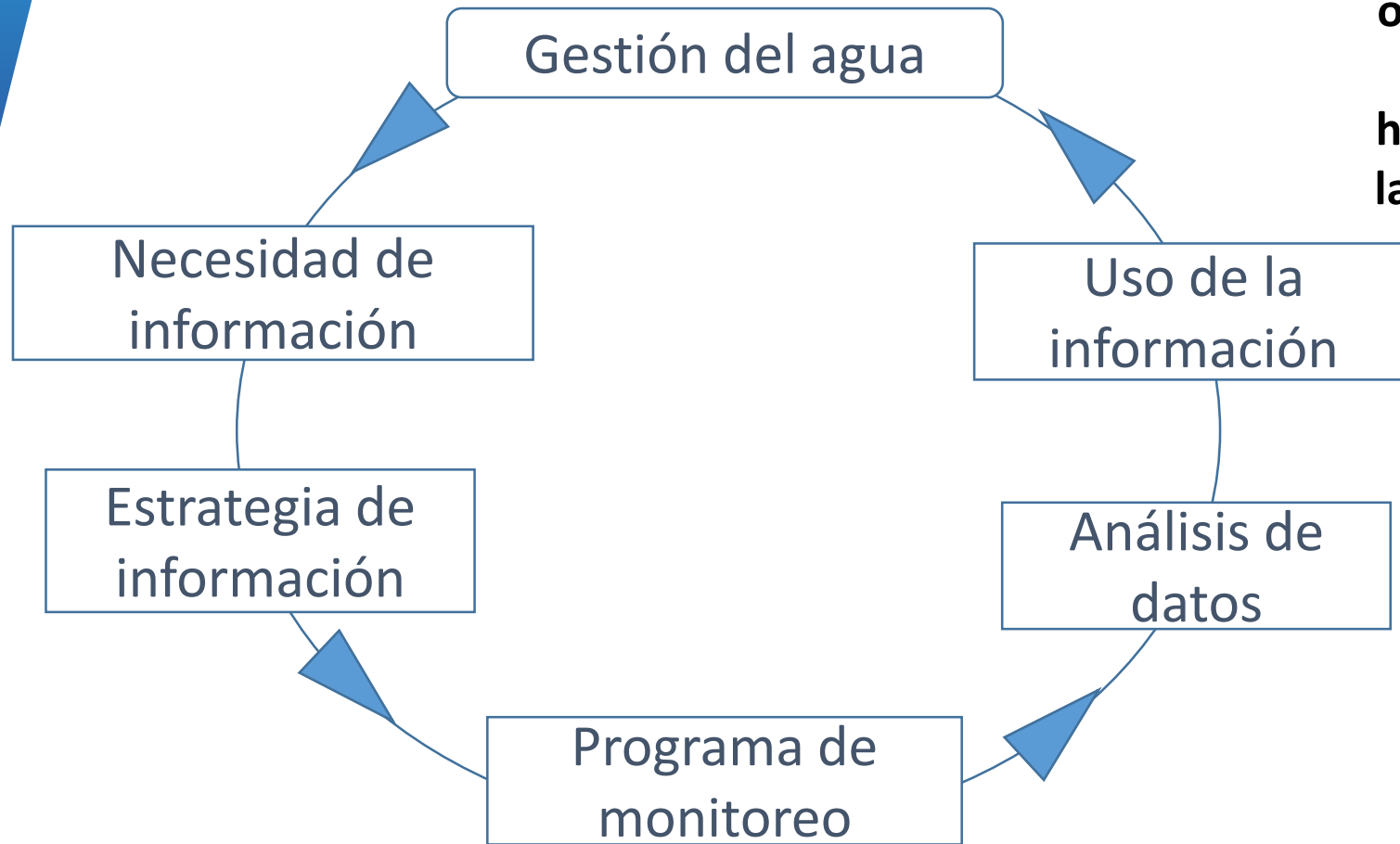
http://feam.br/images/stories/2021/RECUPERA_CAO_PARAOPEBA/Boletim_do_Cidadao_N%C2%BA_28_Final_28_10.pdf

Ferro dissolvido (mg/L)

Ipom, 2021

Limite Classe 2 DN 1/08: 0,3 mg/L			2000-2018 (Série Hist.)	Série emergencial até 60 dias após o rompimento		agosto de 2021	setembro de 2021
Trecho	Pontos	Rio Paraopeba: distância (km) e local	Máximo	Máximo	Mínimo	Máximo	Máximo
montante	BP036	-10 Brumadinho (a montante)	0,98	1,22	0,20	0,11	0,34
1	BPE2	20 Captação RMBH em Brumadinho	sem dados	1,11	0,03	0,11	0,29
	BP068	25 Mário Campos	0,97	1,24	0,03	0,12	0,32
	BP070	42 S. Joaquim de Bicas	1,57	1,18	0,03	0,06	0,23
2	BP072	59 Betim	0,77	1,27	0,06	0,03	0,26
	BPE3	113 Mont. Capt. Pará de Minas	sem dados	1,60	0,08		0,17
	BP082	123 Esmeraldas	0,99	1,27	0,07	0,08	0,18
3	BP083	192 Paraopeba	0,56	1,42	0,11	0,14	0,19
	BP077	203 Paraopeba	sem dados	sem dados	sem dados	0,13	0,15
	BP078	251 Curvelo	1,19	1,82	0,15	0,15	0,08
	BP087	279 Antes de Retiro Baixo	sem dados	sem dados	sem dados	0,14	0,06
-	BPE9	315 Rib. Gomes, foz depois de Retiro Baixo	sem dados	sem dados	sem dados	0,31	0,21
4	BP099	318 Depois de Retiro Baixo	0,44	1,14	0,12	0,03	0,03
	BPE6	353 Braço do reservatório em Felixlândia	sem dados	0,03	0,03	0,03	0,04
5	BPE7	400 Braço do reservatório em Abaeté	sem dados	0,03	0,03	0,03	0,03
	BPE8	423 Dentro do reservatório de Três Marias	sem dados	0,07	0,03	0,03	0,03

Conclusiones



Una herramienta estratégica que permite orientar las acciones para promover la seguridad hídrica, especialmente en la gestión de la oferta y la demanda de agua.

Importancia de la calidad metrológica de los datos





CIT

***DONDE EL FUTURO DE LA INDUSTRIA
YA ESTÁ PRESENTE***



CENTRO DE INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA



zviola@fiemg.com.br



+55 (31) 9 9142-6503



www.fiemg.com.br/cit



@fiemg



@fiemgoficial



/citsenai



@fiemgoficial



/fiemgoficial