

## **AVALIAÇÃO SAZONAL E MONITORAMENTO DAS ÁGUAS DO RIO DOCE – GO**

João Batista Pereira **Cabral**<sup>1</sup>, Isabel Rodrigues da **Rocha**<sup>1,2</sup>, Pollyanna Faria **Nogueira**<sup>1</sup>,  
Valter Antonio **Becegato**<sup>3</sup>

(1 – Universidade Federal de Goiás, Docente do Curso de Geografia, [jbcabral2000@yahoo.com.br](mailto:jbcabral2000@yahoo.com.br); [pollypam@hotmail.com](mailto:pollypam@hotmail.com) 2 – Universidade Federal de Goiás, Doutoranda em Geografia, [isabel8720@gmail.com](mailto:isabel8720@gmail.com), 3 – Universidade do Estado de Santa Catarina, Docente do Curso de Engenharia Ambiental, [becegato@cav.udesc.br](mailto:becegato@cav.udesc.br)) hh

**Resumo:** O presente trabalho objetivou avaliar as características físicas e químicas das águas do rio Doce (GO), a montante da PCH Irara, abrangendo em seu escopo diferentes pontos de amostragem. Realizaram-se doze coletas em cinco pontos distintos no período de julho de 2009 a junho de 2011. Foram avaliados os parâmetros: pH, temperatura, condutividade elétrica (CE), salinidade (NaCl), turbidez (Turb) e total de sólido dissolvido (TDS). As análises das águas foram avaliadas com a sonda multiparamétrica Oakton Pcd 650 e o turbidímetro de bancada. Os resultados foram discutidos e comparados com base aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005. Os valores foram avaliados quanto à conformidade, sendo verificados pontos que se enquadram nas Classes 1 e 2, cuja característica das águas é de boa qualidade para uso humano e para dessedentação de animais após tratamento.

Palavras Chave: Sólidos, Bacia Hidrográfica, Qualidade da Água

## **SEASONAL EVALUATION AND MONITORING OF THE WATERS OF THE DOCE RIVER - BRAZIL**

**Abstract:** The present work aimed to evaluate the physical and chemical characteristics of the waters of the Doce River, located upstream of the Irara small hydro, regarding different sampling point in its scope. There were made 12 collects in five different points in the period from July 2009 until June 2011. The following parameters were evaluated: pH, temperature, electric conductivity (EC), salinity (NaCl), turbidity (Turb) and total dissolved solids (TDS).

The water analyzes were evaluated with an Oakton Pcd 650 multiparametric sounder and a portable turbidimeter. The results were discussed and compared based on the limits established by the CONAMA Resolution number 357, from March 17<sup>th</sup> 2005. The values were evaluated regarding their accordance, being verified points that are ranked in the classes 1 and 2, which water characteristics are the good quality for human use and watering of animals after treatment.

**Keywords:** Solid, Basin, Water Quality.

### **EVALUACIÓN SAZONAL Y MONITOREO DE LAS AGUAS DEL RÍO DOCE - GO**

**Resumen:** El presente trabajo objetivó evaluar las características físicas y químicas de las aguas del río Doce, ubicado al montante de la central minihidráulica de Irara, incluyendo en su escopo diferentes puntos de muestreo. Se realizaron doce muestreos en cinco diferentes puntos en el período de junio de 2009 hasta junio de 2011. Los siguientes parámetros fueron evaluados: pH, temperatura, salinidade (NaCl), turbidez (Turb) y total de sólidos disueltos (TDS). Los análisis fueron evaluados con la sonda multiparamétrica Oakton Pcd 650 y el turbidímetro de mesa. Los resultados fueron discutidos y comparados con base en los límites establecidos en la Resolución CONAMA número 357, de 17 de marzo de 2005. Los valores fueron evaluados cuanto a la conformidad, siendo verificados puntos clasificados en las clases 1 y 2, cuyas características de las aguas son la buena calidad para el uso humano y para el riego animal después del tratamiento.

**Palabras-clave:** Sólidos, Cuenca, Calidad del Agua.

### **Introdução**

A água devido às suas propriedades de solvente e à sua capacidade de transportar partículas incorpora para si, diversas impurezas, as quais definem a qualidade da água. De maneira geral, pode-se dizer que a qualidade de um determinado corpo d'água esta relacionado aos aspectos físicos da bacia hidrográfica e a função do uso e da ocupação do solo na onde o curso de água está inserido (MACHADO, BECEGATO e BITTENCOURT., 2006, ROCHA, CABRAL e BRAGA, 2014).

A influência antrópica na qualidade das águas das bacias hidrográficas está se tornando uma grande preocupação dos gestores públicos, face a degradação das áreas de preservação permanente (matas ciliares, nascentes e topos de morros), cujo ordenamento jurídico como

por exemplos a lei n. 12.651 de 2012 e a Resolução CONAMA 302/2002 não estarem sendo respeitadas, levando conseqüentemente à contaminação dos corpos d'águas.

A água é essencial para garantia da qualidade de vida, para a produção agropecuária, para produção industrial, e à prestação de serviços. Nos diferentes ecossistemas, ela é o principal elo entre os componentes, sendo, por isso, indicadora da qualidade ambiental de um ecossistema, uma região ou bacia hidrográfica (HERMES & SILVA, 2004).

A qualidade da água para os diversos usos principalmente para o consumo humano e animal, podem ser monitorados através de parâmetros físico-químicos, (RICHTER et al., 2007; TOLETO & NICOLELLA, 2002), objetivando verificar o grau de potabilidade exigidos por lei como por exemplo o que reza a Resolução CONAMA 357/2005 (CUNHA & CALIJURI, 2010; SIQUEIRA, APRILE e MIGUÉIS, 2012) e a Portaria n. 1.469 de 2000 do Ministério da Saúde.

A contribuição do presente trabalho foi avaliar a qualidade da água do rio Doce – GO por meio da análise de alguns parâmetros físico-químicos, realizar o enquadramento do corpo d'água tendo-se por base os valores estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005.

## **Materiais e Métodos**

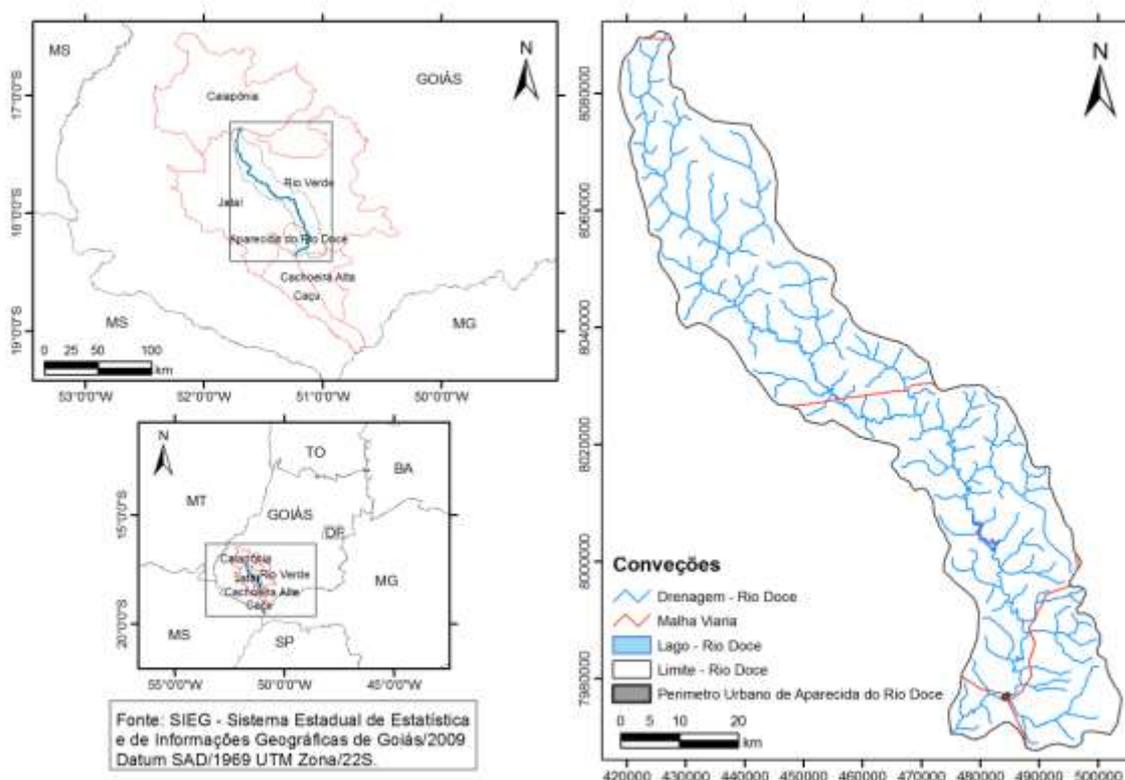
A bacia hidrográfica do Rio Doce (Figura 1), esta localizada nos municípios de Jataí, Rio Verde, Caiapônia e Aparecida do rio Doce no estado de Goiás, nos limites latitudinais de 8095415 e 7954415 Sul e longitudinais de 410000 e 505000 Oeste (UTM/SAD69/22S).

Predominam na bacia três litotipos: rochas basálticas da Formação Serra Geral (Cretáceo Inferior) do Grupo São Bento; arenitos das formações Vale do Rio do Peixe (FVRP) e Marília ambos do Grupo Bauru, depositadas no Cretáceo Superior; e cobertura detriticas indiferenciadas do Terciário (SIEG, 2009). Em relação aos solos predominantes na área de estudo, destacam-se: os Latossolos Vermelho de textura média e os Neossolos Quartzarênicos, ambos distróficos, isto é, solos cuja saturação de bases é inferior a 50% (EMBRAPA, 1999).

O clima dominante segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, ou seja, tropical quente e úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno, com temperatura média anual entre 22° C e 24° C (Mariano, 2005). A precipitação anual oscila entre 1200 a 1600 mm, cujo período chuvoso concentra-se entre os meses de outubro a abril. As médias mensais nesse período variam entre 100 a 350 mm; enquanto que no período seco o índice pluviométrico está entre 0 a 100 mm (CABRAL et al., 2011).

As coletas das amostras de água em nível de campo ocorreram nas seguintes datas: 12/07/09 (campanha 1); 06/10/09 (campanha 2); 11/12/09 (campanha 3); 26/02/10 (campanha 4); 20/04/10 (campanha 5); 18/06/10 (campanha 6); 06/08/2010 (campanha 7); 26/10/2010 (campanha 8); 21/12/2010 (campanha 9); 15/02/2011 (campanha 10); 07/04/2011 (campanha 11) e 14/06/2011 (campanha 12). Foram estabelecidos cinco pontos de amostragem (Figura 2) a montante da usina de Irara, cujo objetivo foi verificar a interferência antrópica existente na bacia, possivelmente influenciando na qualidade da água. Foram analisados os seguintes parâmetros: Pontencial Hidrogeniônico (pH); Temperatura (T); Sólidos Totais Dissolvidos (TDS), Condutividade Elétrica (CE); Salinidade (NaCl) e Turbidez (Turb).

Figura 1. Localização geográfica da Bacia do Rio Doce.



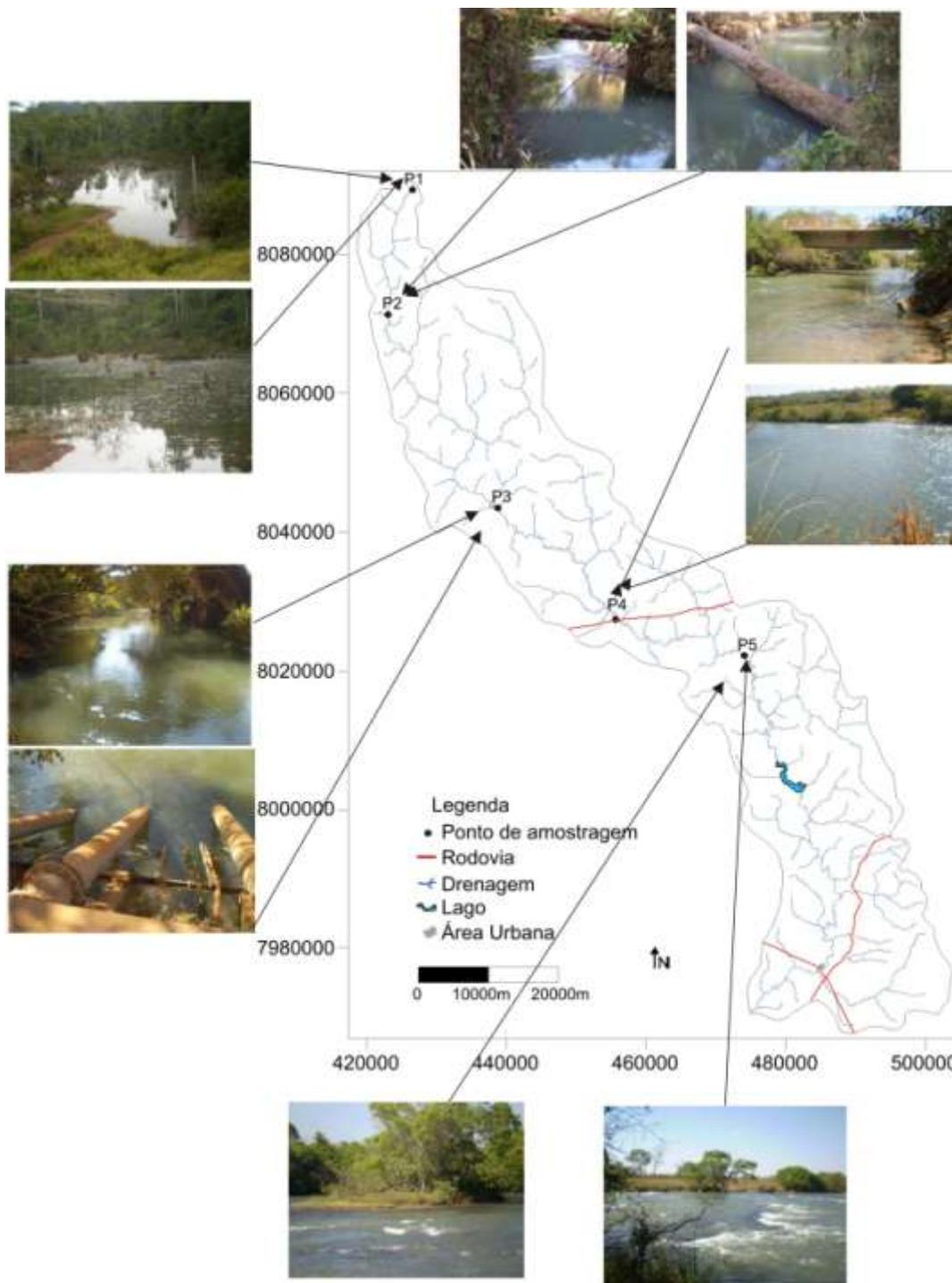
Fonte: Próprio Autor (2015)

Na escolha dos pontos de amostragem foram considerados aspectos como: área preservada; área impactada pela agricultura, pecuária e aspectos urbanos.

A coletas das amostras para análise das variáveis físico-químicas foram obtidas em atividades de campo, sendo realiza três amostragem em cada ponto de coleta e depois

fazendo-se a média. Todas as amostragens foram realizadas em horários pre-determinados para que a flutuação da temperatura influencia-se o mínimo possível nos resultados.

Figura 2. Localização dos pontos das amostras de água.



Fonte: Próprio autor (2015)

Para a aquisição das leituras das amostras de água utilizou-se a sonda multiparâmetro marca Oakton, modelo PCD650 e o Turbidímetro modelo HI 88703 (Hanna). Os procedimentos de análise de água seguiram a descrição da Association Water Environment Federation (APHA-1998).

Os padrões de qualidade e enquadramento dos corpos d'água foram definidos, de acordo com a Resolução CONAMA Nº 357/2005 (Tabela 1).

Tabela 1: Padrões de qualidade da água das classes: 1, 2, 3 e 4 de águas doces, segundo a Resolução CONAMA Nº357/2005.

Parâmetros de qualidade da água	Valor Máximo Classe 1	Valor Máximo Classe 2	Valor Máximo Classe 3	Valor Máximo Classe 4
Condutividade Elétrica	Sem Padrão	Sem Padrão	Sem Padrão	Sem Padrão
Temperatura	Sem Padrão	Sem Padrão	Sem Padrão	Sem Padrão
Potencial Hidrogeniônico (pH)	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
Total de Sólidos Dissolvido	500 mg/L	500 mg/L	500 mg/L	500 mg/L
Turbidez	Até 40 UNT	Até 75 UNT	Até 100 UNT	Até 100 UNT
Salinidade	500 mg/L	500 mg/L	500 mg/L	500 mg/L

Fonte: Extraído da Resolução CONAMA Nº 357/05.

## Resultados e discussão

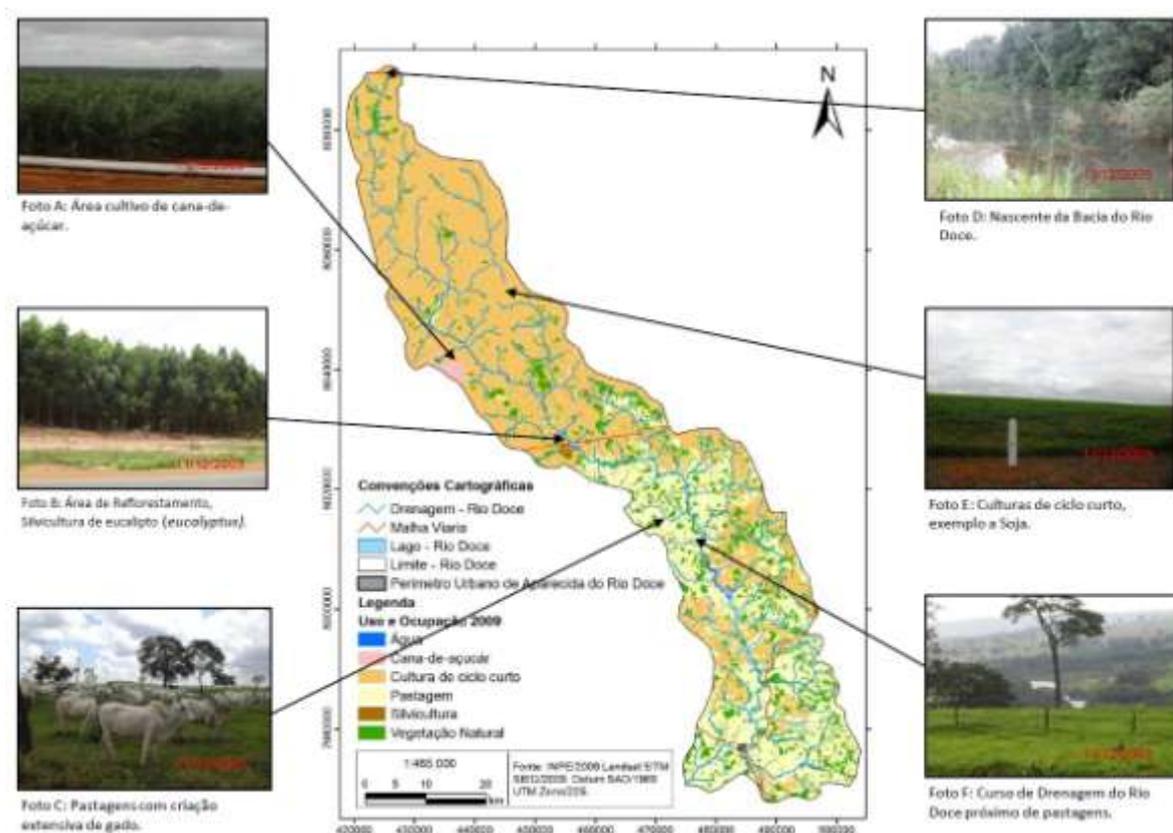
A vegetação natural da área composta por Cerrado encontra-se descaracterizada. A partir dos anos de 1980, vem ocorrendo a ocupação intensiva do bioma Cerrado, principalmente com o plantio de culturas anuais como a soja e o milho. Na Figura 3, observa-se o uso e ocupação dos solos da referida bacia: cana-de-açúcar; reflorestamento com eucaliptus; pastagens e culturas anuais como soja e milho (Cabral et al 2011). A intensa ocupação antrópica que se deu pelo parcelamento do uso do solo ao longo da bacia hidrográfica, mostra pequenos fragmentos de vegetação, que de alguma forma contribuem para manter um mínimo de qualidade de água.

Não havendo atividade antrópica que influencie as características físico-química das águas, a composição das mesmas refletirão a presença de elementos geoquímicos resultantes da dissolução das rochas que se encontram em suspensão ou dissolvidos nas águas (MACHADO, BECEGATO e BITTENCOURT, 2008).

Em relação ao pH, observa-se pela Tabela 2, que praticamente não há diferenças significativas entre os valores exceto no ponto 01, cujo pH médio é de 5,6. A variabilidade dos dados expressa pelo Coeficiente de variação (CV), mostra oscilações maiores nos pontos 01 e 04, cujos CV está na ordem de 12%. No rol de todas as amostras, tem-se uma amplitude

entre 4,9 e 8,6. Chama atenção as amostras 11 dos pontos 04 e 05, cujos pH são 8,6 e 8,3 respectivamente.

Figura 3. Mapa de uso da terra interpretado e gerado a partir do mapeamento da imagem *Landsat 5 TM* (2009).



Fonte: Cabral et al (2011)

Tabela 2. Estatísticas descritivas do pH

Pontos	Amostras												Médias	DP	CV (%)
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12			
01	5,6	4,9	6,1	5,2	5,5	5,2	4,7	5,0	5,8	5,7	6,9	6,8	5,6	0,69	12,2
02	6,1	5,5	6,0	5,9	5,8	5,9	6,2	6,5	6,4	6,4	6,9	5,2	6,1	0,45	7,3
03	6,2	5,9	6,1	5,9	5,9	6,3	6,2	6,4	6,6	5,9	7,6	6,4	6,3	0,48	7,7
04	6,5	6,2	6,2	6,1	5,8	6,3	6,4	6,6	6,7	7,3	8,6	5,4	6,5	0,81	12,5
05	6,5	6,2	6,7	6,2	5,9	6,5	6,4	6,6	6,6	6,5	8,3	5,5	6,5	0,66	10

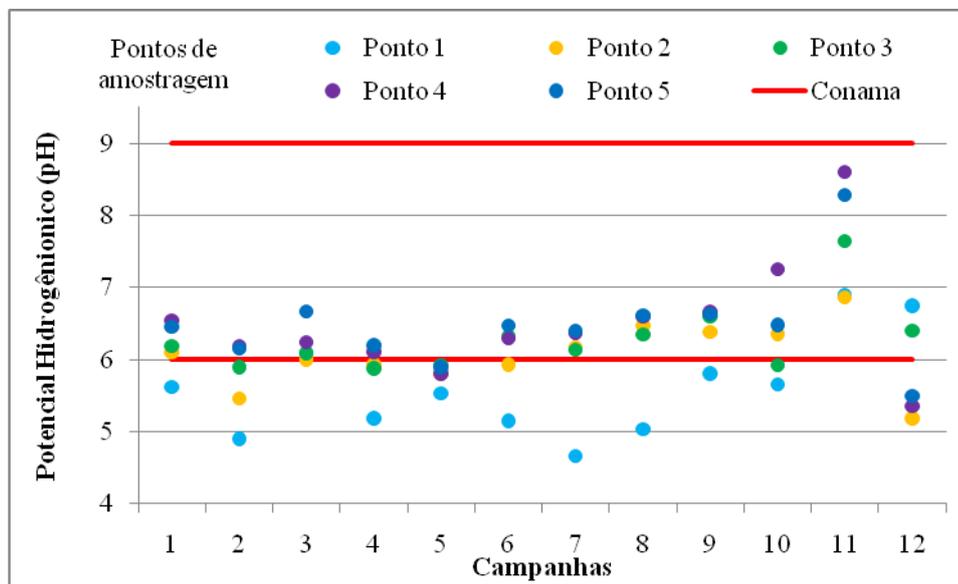
DP (desvio padrão); CV (Coeficiente de variação).

Fonte: Próprio Autor (2015)

A Figura 4 mostra os pontos plotados com os respectivos valores médios de pH. De maneira geral todos os valores de pH (excessão do ponto1) estão dentro dos padrões

estabelecidos pela resolução CONAMA N° 357/2005, sendo que, a condição ideal de pH em águas de rios de classe II corresponde a valores presentes numa faixa de 6 a 9.

Figura 4. Plotagem do Potencial Hidrogeniônico



Fonte: Próprio Autor (2015)

Todos os valores de pH estão dentro dos padrões estabelecidos pela resolução CONAMA 357/2005, enquadrando as águas como de classe 1, com exceção do ponto 1.

No entanto, as medidas de pH no ponto 1, para os campos 1 a 10 estão abaixo do valor de pH de referência estabelecido pela Resolução CONAMA N° 357/2005, para as águas destinadas ao consumo humano. A acidez da água no ponto 1, pode ser associada litologia da bacia, pois existem afloramento de rochas sedimentares da Formação Vale do Rio do Peixe, e solos pertencentes à classe de Neossolos, rico em quartzo, com alto teor de sílica e alumínio, que segundo Esteves (1998), Rocha, Cabral e Braga (2014), devido à solubilidade do alumínio na forma  $Al^{3+}$  reage com íons  $OH^-$ , aumentando a acidez da água.

Os dados da condutividade elétrica (Tabela 2, Figura 5), em termos gerais apresentaram valores abaixo de  $50\mu S/cm$  que podem ser considerados baixos de acordo com Coluna (2007). Tais valores podem estar relacionados à litologia da calha principal do rio bacia, cuja predominância é por rochas das Formações Serra Geral, o que poderia resultar em água rica em carbonatos, principalmente carbonatos de cálcio ( $CaCO_3$ ) ou carbonato de magnésio ( $MgCO_3$ ).

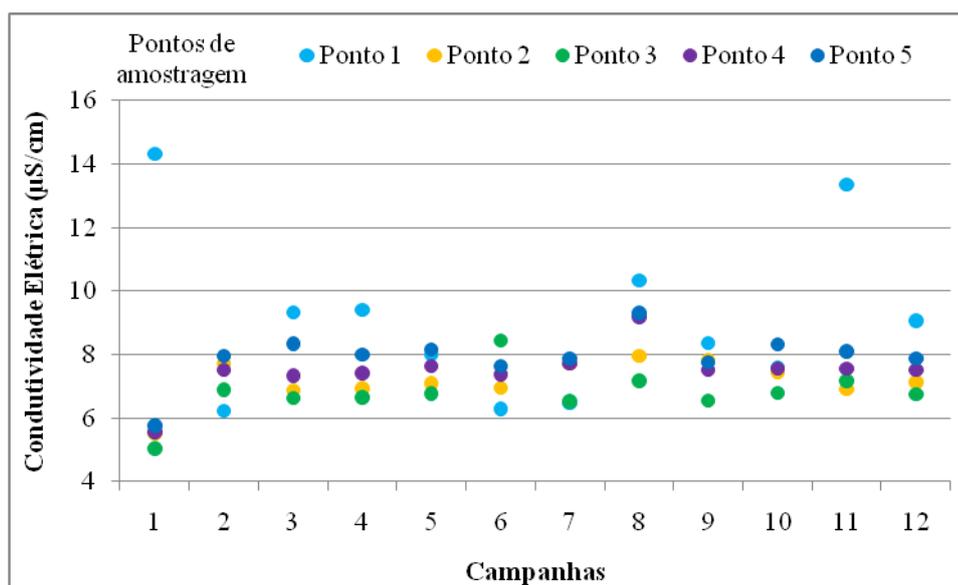
Os valores médios oscilaram entre 6,8 a 9,2  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Tabela 2); cujos menores e maiores valores foram 5,0 e 14,3  $\mu\text{S}/\text{cm}$  respectivamente. O maior Coeficiente de variação foi para as amostras do ponto 01 com 28,5% e os menores dos pontos 02 e 03.

Tabela 2. Estatísticas descritivas da Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

Pontos	Amostras												Médias	DP	CV (%)
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12			
01	14,3	6,2	9,3	9,4	8,0	6,3	6,5	10,3	8,4	7,6	13,4	9,1	9,2	2,60	28,5
02	5,5	7,7	6,9	6,9	7,1	7,0	7,7	8,0	7,8	7,5	6,9	7,1	7,2	0,65	9
03	5,0	6,9	6,6	6,7	6,8	8,5	6,5	7,2	6,6	6,8	7,2	6,8	6,8	0,75	8
04	5,6	7,5	7,3	7,4	7,6	7,4	7,7	9,2	7,5	7,6	7,6	7,5	7,5	0,78	10,4
05	5,7	8,0	8,3	8,0	8,2	7,7	7,9	9,3	7,8	8,3	8,1	7,9	7,9	0,80	10,2

DP (Desvio padrão); CV (Coeficiente de variação).  
 Fonte: Próprio Autor (2015)

Figura 5. Plotagem da condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).



Fonte: Próprio Autor (2015)

Um fator a ser levado em consideração para o valor obtido em relação ao ponto 01, é o local de amostragem (Figura 6), que evidencia um ambiente quase lântico, o que pode contribuir com o armazenamento de íons, já que o solo é rico em sílica alumínio e ferro. Na pesquisa realizada por Lima, *et al.* (2010) em relação aos metais pesado, no ponto de amostragem 1, foi detectado uma alta concentração de ferro na água e nos sedimentos, visto que na bacia predominam solos classificados como Latossolos férricos e Neossolos Quartzarenicos.

Figura 6. Amostragem do ponto 01



Fonte: Próprio Autor (2015)

Nos demais pontos e épocas foram observados baixos valores de CE, evidenciando, assim, baixos teores de íons neste rio e, portanto, pouco intemperismo das rochas e escassa contribuição de esgotos. Capoane & Silva (2007) afirmam que os baixos valores de condutividade significam pouca quantidade de íons e, por conseqüência uma baixa quantidade de sais na água.

Almeida & Schwarzbald (2003), detectaram valores de CE entre 9  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e 720  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para as águas do arroio Cria Montenegro-RS, cujos valores foram associados as descargas industriais e domésticas existentes na bacia, fator esse não verificado na bacia do rio Doce.

Os valores da temperatura oscilaram entre 16 e 25°C (Tabela 3 e Figura 7), observando que os maiores valores registrados foram no ponto 05 e o menores no ponto 02.

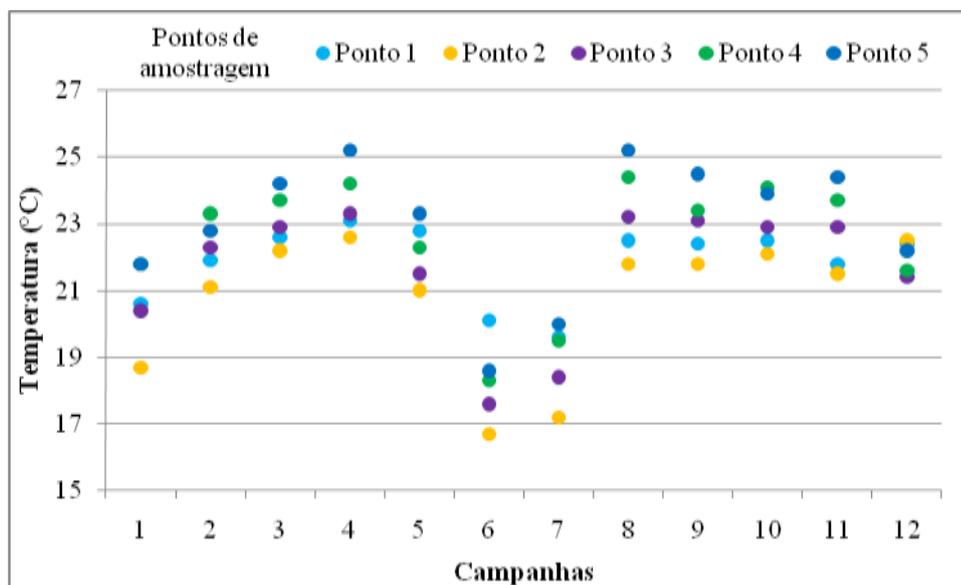
Tabela 3. Estatísticas descritivas da Temperatura (°C).

Pontos	Amostras												Médias	DP	CV (%)
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12			
01	20,6	21,9	22,6	23,1	22,8	20,1	19,6	22,5	22,4	22,5	21,8	22,4	21,8	1,13	5,2
02	18,7	21,1	22,2	22,6	21	16,7	17,2	21,8	21,8	22,1	21,5	22,5	20,7	2,05	4,8
03	20,4	22,3	22,9	23,3	21,5	17,6	18,4	23,2	23,1	22,9	22,9	21,4	21,6	1,93	8,9
04	21,8	23,3	23,7	24,2	22,3	18,3	19,5	24,4	23,4	24,1	23,7	21,6	22,5	1,93	8,6
05	21,8	22,8	24,2	25,2	23,3	18,6	20	25,2	24,5	23,9	24,4	22,2	23	2,06	9

DP (Desvio padrão); CV (Coeficiente de variação).

Fonte: Próprio Autor (2015)

Figura 7. Plotagem dos valores de temperatura



Fonte: Próprio Autor (2015)

A variação de temperatura entre os pontos de amostragem 01 e 05 está possivelmente relacionada com a profundidade da seção do rio e cobertura vegetal que permite maior ou menor exposição aos raios solares. Ressalta-se que no ponto 02, existe uma mata ciliar de maior porte comparativamente em relação demias pontos, não permitindo a incidência de forma direta da radiação solar sobre o corpo d'água. Fato semelhante foi constatado com os resultados obtidos por Almeida e Schwarzbald (2003) que destacaram que a variação de temperatura da água do arroio Cria Montenegro – RS ocorreu principalmente em relação aos diferentes volumes de água e a falta de cobertura vegetal florestal ao longo do percurso do rio que servissem de anteparo para os raios solares.

Segundo Margalef (1983), a flutuação da temperatura das águas é relativamente ampla devido as condições específicas dos ambientes lóticos, que resultam de variações de velocidade, volume e fonte de suprimento de água, profundidade, tipo de substrato e sombreamento, como também de fatores que atuam sazonalmente, diariamente e mesmo em um dado momento ao longo do curso do rio.

Cotejando-se os dados da temperatura, de modo geral, verificou-se que as leituras obtidas no período de estiagem (maio a setembro) tiveram os menores valores em relação aos dados do período úmido (outubro a abril). As flutuações diárias de temperatura da água (Figura 7), em até 9°C, observadas entre as amostras 4 e 6, pode ser explicada em função do horário do dia e da estação do ano em que foram efetuadas as.

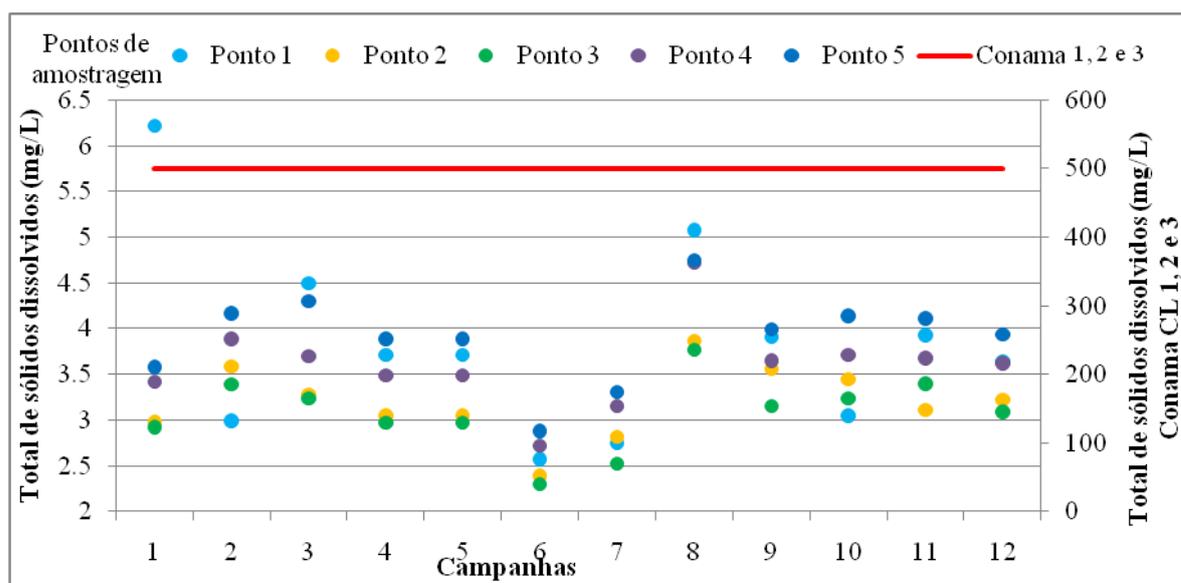
Com relação aos sólidos totais dissolvidos (Tabela 4, Figura 8) os valores apresentam amplitude entre 2,3 (ponto 3, na 6 coleta) a 6,2 mg/L (ponto 1 na 1 coleta). A média oscilou de 3,10 a 3,90 mg/L.

Tabela 4. Estatísticas descritivas dos Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L).

Pontos	Amostras												Médias	DP	CV (%)
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12			
01	6,2	3,0	4,5	3,7	3,7	2,6	2,8	5,1	3,9	3,1	3,9	3,6	3,83	1,03	27
02	3,0	3,6	3,3	3,1	3,1	2,4	2,8	3,9	3,6	3,5	3,1	3,2	3,20	0,39	12,2
03	2,9	3,4	3,2	3,0	3,0	2,3	2,5	3,8	3,2	3,2	3,4	3,1	3,10	0,39	12,6
04	3,4	3,9	3,7	3,5	3,5	2,7	3,2	4,7	3,7	3,7	3,7	3,6	3,60	0,47	13
05	3,6	4,2	4,3	3,9	3,9	2,9	3,3	4,8	4,0	4,1	4,1	3,9	3,90	0,48	12,3

DP (Desvio padrão); CV (Coeficiente de variação).  
 Fonte: Próprio Autor (2015)

Figura 8. Plotagem dos Totais de sólido dissolvidos.



Fonte: Próprio Autor (2015)

Os pontos 01, 04 e 05, apresentaram as maiores concentrações de sólidos dissolvidos, cuja explicação pode ser atribuída as suas localizações próximas às áreas agrícolas, que possivelmente tendem a apresentar maior concentração de sedimentos orgânicos e inorgânicos transportados para o sistema lótico. De acordo com a Resolução CONAMA N° 357/2005, a concentração de sólidos dissolvidos total deve ficar abaixo de 500 mg/L, para corpos de água nas classe 2.

Em termos gerais as concentrações de TDS, podem ter sido influenciados por outras variáveis, como a condutividade elétrica e o pH. Os valores de TDS assemelham-se na

distribuição com a variável CE, devido à quantidade de íons em solução dissolvidos no momento das análises, que alteraram os resultados de CE e pH.

Batalha & Parlatore (1977) mencionam que os principais sólidos dissolvidos nas águas naturais são constituídos por carbonatos, bicarbonatos, cloretos, fosfatos, nitratos e outros elementos, e que em concentrações maiores do que 250 mg/L de sais a água possui um sabor desagradável aos humanos. Desse modo, pode-se associar o TDS da bacia do rio Doce, com os diferentes tipos de uso do solo, aspectos geológicos e pedológicos.

Com relação à turbidez (Tabela 5), os valores detectados encontram-se dentro da faixa permitida pela resolução CONAMA Nº 357/2005 para águas de rios de classe II, corresponde ao valor máximo de 100 UNT.

Tabela 5. Estatísticas descritivas da Turbidez (UNT).

Pontos	Amostras												Médias	DP	CV (%)
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12			
01	ND	7,6	6	6,7	4,3	3,0	0	2,5	4,0	0	2,0	1,1	3,4	2,6	77,4
02	ND	86,6	15	11	17	5,4	9	8,6	8,14	25,3	27,6	13,5	20,7	23	111
03	ND	55,3	10	20	12,2	8	7,6	14,5	7,26	25,3	24,6	10,0	17,7	14,1	79,6
04	ND	14	27	19,4	22,7	9,1	12	31,2	29,5	36,5	38,8	19,0	23,5	9,9	42
05	ND	14	20	25	13,4	13	13	21,6	5,54	38,6	51,2	18,6	21,2	13	62

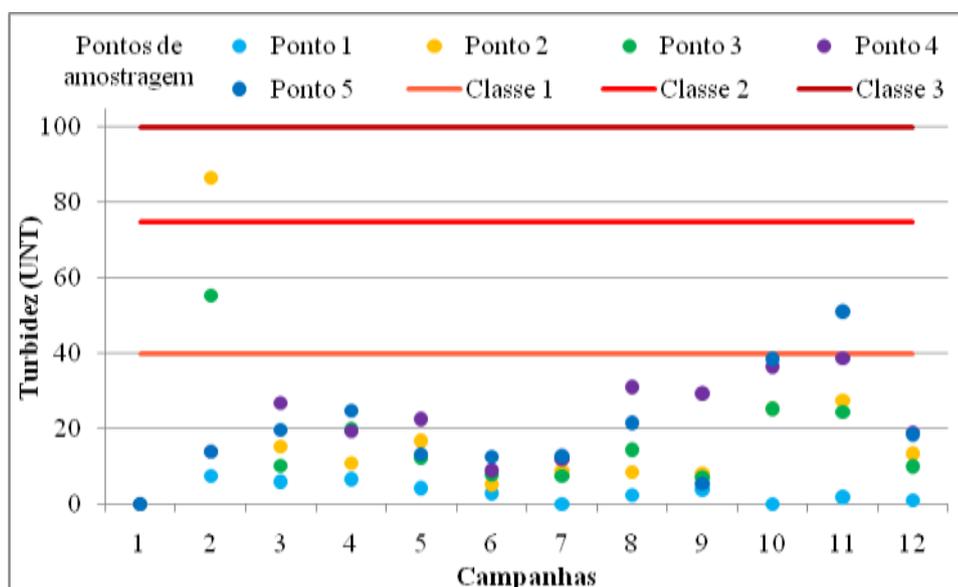
ND ( Não determinado); DP (Desvio padrão) e CV (Coeficiente de variação).

Fonte: Próprio Autor (2015)

As medidas de turbidez apresentaram variação de 0 a 86,6 UNT (Figura 9). A maior variação dos dados encontra-se nas amostras do ponto 02, cujo CV é de 111% e a menor variabilidade está no ponto 04 com 42%. Há diferenças acentuadas nos valores, comparando-se as médias, observa-se que a menor é do ponto 02 com 3,4 UNT e a maior com 23,2 UNT. No geral é justamente o ponto 02 que destoa das demais amostras.

Dos pontos analisados, com exceção do número 1, constata-se um valor superior ao padrão de potabilidade, justificando a necessidade de prévio tratamento da água para consumo humano. Haddad e Magalhães Junior (2010) detectaram valores de turbidez entre 2,04 e 63,06 UNT para as águas da bacia do rio São Miguel-MG, semelhante aos valores detectados no presente trabalho, relacionando as alterações na qualidade da água natural, oriundas de atividades antrópicas e aos eventos chuvosos que proporcionaram a remoção de partículas de solos expostos pela ausência de cobertura vegetal, e o posterior transporte por escoamento superficial para os corpos d'água.

Figura 9. Plotagem da turbidez.



Fonte: Próprio Autor (2015)

As variações dos valores de turbidez entre 0 e 86 UNT para as águas do rio Doce podem estar associadas a diferença de magnitude da intensidade pluviométrica e atividade agrícola, pois no período seco (Amostras 5 e 7) os valores de turbidez oscilaram entre 0 a 20 UNT; enquanto que no período mais úmido (chuvoso) a turbidez atingiu em média valores acima de 20 UNT. Os elevados valores obtidos nas amostras 2 e 11 podem ser associados a chuva que ocorria no momento da coleta de água.

No que se refere a salinidade, as águas do rio doce apresentam índices muito baixos. De acordo com a resolução CONAMA N° 375/2005, as águas se enquadrariam classes 1. Os valores de salinidade (Tabela 6, Figura 10) possuem amplitude entre 9,7 e 14 mg/L. Os valores médios são muito próximos para todos os pontos e praticamente não há diferença entre eles. O coeficiente de variação gira ao redor de 7% entre todas as amostras.

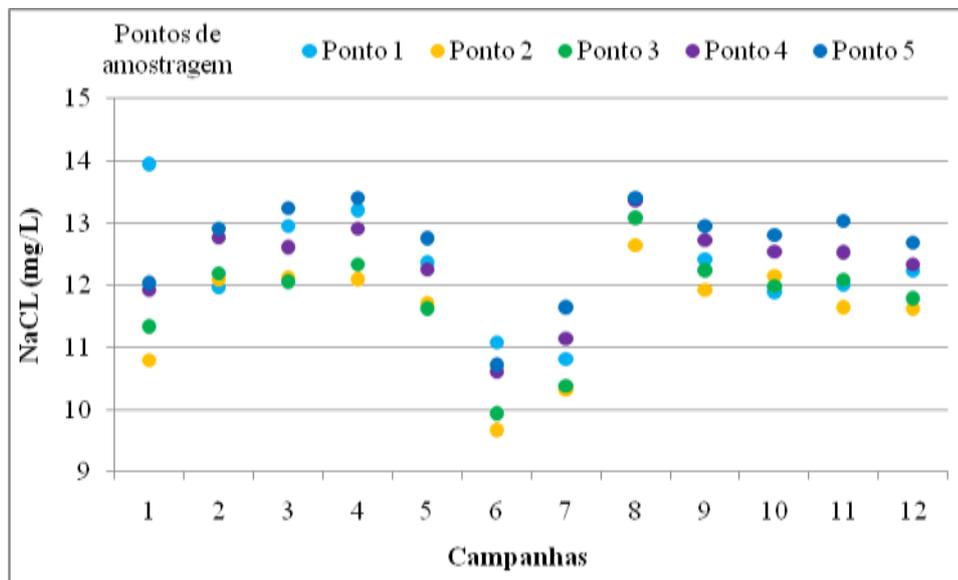
Tabela 6. Estatísticas descritivas do NaCl (mg/L).

Pontos	Amostras												Médias	DP	CV (%)
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12			
01	14	12	13	13,2	12,4	11,1	10,8	13,4	12,4	11,9	12	12,2	12,4	0,91	7,4
02	10,8	12,1	12,1	12,1	11,7	9,7	10,3	12,7	11,9	12,2	11,7	11,6	11,6	0,86	7,5
03	11,3	12,2	12,1	12,3	11,6	9,9	10,4	13,1	12,2	12	12,1	11,8	11,7	0,86	7,3
04	11,9	12,8	12,6	12,9	12,3	10,6	11,1	13,4	12,7	12,5	12,5	12,3	12,3	0,76	6,2
05	12	12,9	13,2	13,4	12,8	10,7	11,7	13,4	13	12,8	13	12,7	12,6	0,79	6,3

DP (Desvio padrão) e CV (Coeficiente de variação).

Fonte: Próprio Autor (2015)

Figura 10. Plotagem da salinidade (NaCl).



Fonte: Próprio Autor (2015)

As medidas de NaCl estão em concordância com os resultados obtidos de CE e TDS, que se relacionam diretamente com a concentração de íons dissolvidos em solução aquosa.

A partir da correlação de Pearson entre as variáveis estudadas, buscou-se informações sobre similaridades de fontes e comportamento ambiental das variáveis em relação à qualidade da água a partir da média das doze leituras para cada ponto. Os dados são apresentados na Tabela 7.

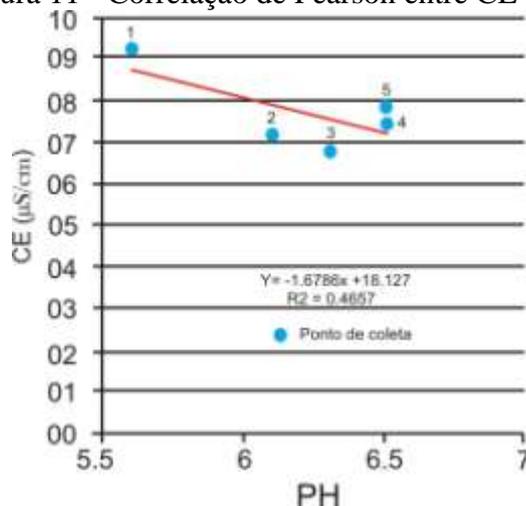
Tabela 7. Nível de correlação entre os índices avaliados

	pH	CE	Temp	TDS	Turb	NaCl
pH	1	-0.82317	0.296757	-0.50045	0.927897	-0.29597
CE	-	1	0.244661	0.902895	-0.85623	0.780685
Temp	-	-	1	0.577783	-0.00327	0.781684
TDS	-	-	-	1	-0.59027	0.960038
Turb	-	-	-	-	1	-0.47329
NaCl	-	-	-	-	-	1

A Correlção de Pearson permitiu identificar a relação entre os parâmetros da qualidade da água. Para a análise foram discutidos somente os gráficos de maior coeficiente de determinação ( $r^2$ ) das variáveis físico-químicas da água.

A maior correlação observada foi entre a NaCl e TDS, seguido do pH e turbidez, CE e TDS. A alta correlação entre a CE, TDS e NaCl pode ser explicada pela condutividade elétrica em função da concentração de sais e nutrientes na água. Observou-se correlação negativa forte entre o pH e a CE  $r=-0,82$ . O coeficiente de determinação  $r^2$  (Figura 11) indica que cerca de 46% dos dados estão ajustados à linha de tendência, de modo que as variáveis possuem uma relação inversa, demonstrando que quanto maior a CE menores são os valores de pH.

Figura 11 - Correlação de Pearson entre CE e pH

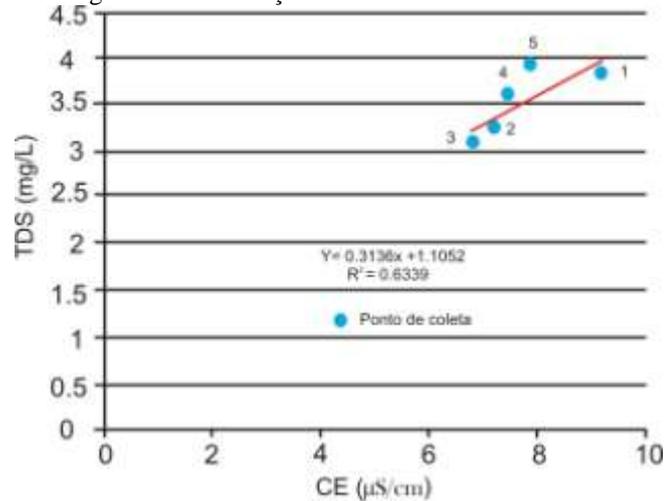


Fonte: Próprio Autor (2015)

Observou-se correlações positivas entre os parâmetros TDS e CE; TDS e NaCl (Figuras 12 e 13). O coeficiente de determinação linear ( $r^2$ ) entre a CE e o TDS indicou que cerca de 63% dos dados estão ajustados à linha de tendência. Entre a CE e NaCl, o coeficiente de determinação linear ( $r^2$ ) indicou que 94% dos dados estão ajustados a linha de tendência. A correlação desses parâmetros está associada diretamente com a quantidade de sais na água. O aumento dos valores desses parâmetros é ocasionada devido à cristalização dos minerais, aumentando a concentração de íons no meio aquático (CARNEIRO, 2002).

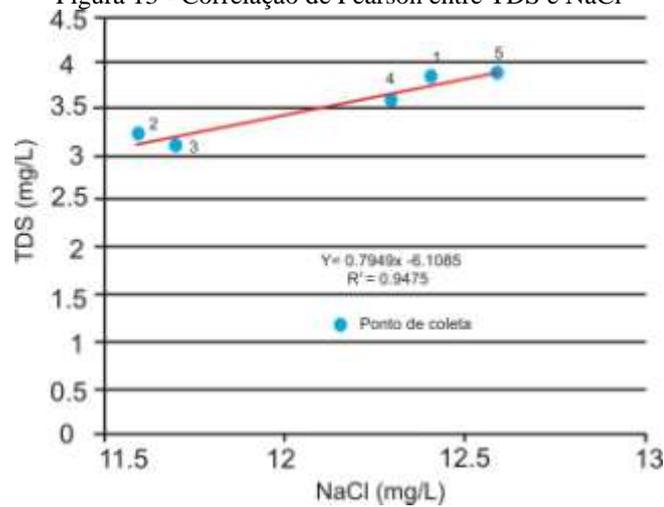
Observou-se correlação positiva forte  $r= 0,84$  entre Turbidez e o pH (Figura 14). De acordo com Von Sperling (1996), a turbidez nos corpos d'água tende a ser maior em regiões com solos erodíveis onde a precipitação pode carregar as partículas de argila, silte e fragmentos de rochas, fato associado ao aumento de íons na água. De acordo com Feitosa & Manoel Filho (2000) a condutividade elétrica da água tende a aumentar com a elevação da temperatura e com uma maior concentração de íons dissolvidos.

Figura 12 - Correlação de Pearson entre TDS e CE



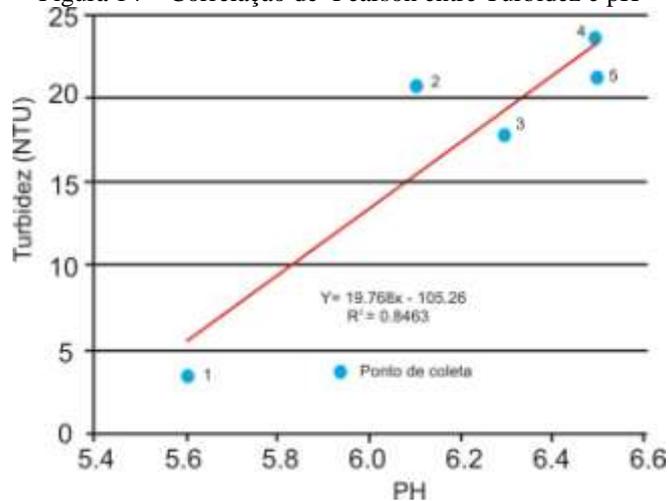
Fonte: Próprio Autor (2015)

Figura 13 - Correlação de Pearson entre TDS e NaCl



Fonte: Próprio Autor (2015)

Figura 14 - Correlação de Pearson entre Turbidez e pH



Fonte: Próprio Autor (2015)



### **Considerações finais**

Os valores das análises revelaram de modo geral uma boa qualidade das águas do rio Doce. Contudo, existem pontos relativamente preocupantes que afetam diretamente a qualidade da água, os quais refletem perfeitamente a ocupação agrícola/pecuária nas proximidades do curso d'água.

As melhores correlações das medidas limnológicas foram encontradas para os parâmetros que se relacionam diretamente com a quantidade de íons presentes na água, como: pH, CE, NaCl e TDS.

O corpo d'água do rio Doce poder ser classificado como de segunda classe.

De acordo com análise espacial e temporal dos dados, e possível destacar que as variações dos dados estão relacionadas ao tipo de uso da terra na bacia.

### **Agradecimentos**

Pelo financiamento a esta pesquisa, dado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPQ – Processo n° 473268/2007-8 e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás – FAPEG, Edital 01-2008.

### **Referências bibliográficas**

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA) -AWWA; WEF. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 20. ed. Washington. 1085p.1998.
- ALMEIDA, M.A.B; SCHWARZBOLD, A. *Avaliação sazonal da qualidade das águas do Arroio da Cria Montenegro, RS com aplicação de um Índice de Qualidade da Água (IQA)*. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v 8, n1, p.81-97. 2003.
- BATALHA, B. L.; PARLATORE, A. C. *Controle da qualidade da água para consumo humano: bases conceituais e operacionais*. São Paulo: CETESB. 198p. 1977.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n.357, de 17 de março de 2005.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n.302, de 20 de março de 2002.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria no 1.469, de 29 de dezembro de 2000.
- BRASIL. Lei 12.651 de 2012.
- CABRAL, J.B.P.; ROCHA, I.R; MARTINS, A.P.; ASSUNÇÃO, H.F., BECEGATO, V.A. *Mapeamento da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Doce (GO), utilizando técnicas de geoprocessamento*. *GeoFocus*, n. 11, p. 51-69. 2011.



CABRAL, J. B. P., WACHHOLZ, F., BECEGATO, V.A., NASCIMENTO, E. S. “Diagnóstico hidrossedimentológico do reservatório da UHE Caçu-Go”. *GeoFocus*, nº 13-1, p. 25-37. 2013.

CAPOANE, V; SILVA, J, L, S. *Avaliação da qualidade da água subterrânea em campus da UFSM, Santa Maria – RS. Revista Ciência e Natureza*, v. 29, p. 97-109, Santa Maria. 2007.

CARNEIRO, F. M. *Análise do estudo de impacto ambiental e da qualidade da água – o caso Açude Atalho – Brejo Santo, Ceará*. Dissertação (Mestrado em desenvolvimento e meio ambiente) - Universidade Federal do Ceará/ Campus do PICI, Fortaleza-CE. 198p. 2002.

COLUNA, N.M.E. *Análise temporal e espacial da qualidade da água na bacia hidrográfica do Zerede, Timóteo – MG*. I Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: o Eucalipto e o Ciclo Hidrológico, Taubaté, Brasil, p. 207-214. 2007.

CUNHA, D.G.F, CALIJURI, M.C. *Análise probabilística de ocorrência de incompatibilidade da qualidade da água com o enquadramento legal de sistemas aquáticos – estudo de caso do rio Pariquerá-Açu (SP)*. *Engenharia Ambiental e Sanitária*, v.15, n.4, 2010.

EMBRAPA. (1999). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Serviço de Produção de Informação – SPI. Brasília: DF. 412p.

ESTEVES, F,A. *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro, Interciência. 1998.

FEITOSA, F.A.C; MANOEL FILHO, J. *Hidrologia: conceitos e aplicações*. 2 ed. Fortaleza: CPRM-REFO, LABHIDUFPE. 2000.

HADDAD, E.A; MAGALHÃES JUNIOR, A.P. *Influência Antrópica na qualidade da água da bacia hidrográfica do rio São Miguel, Carste do Alto São Francisco, Minas Gerais*. *Revista Geosul*, v. 25, n. 49, p 79-102, jan./jun. 2010.

HERMES, L. C; SILVA, A. S. *Avaliação da Qualidade das Águas*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. 2004.

LIMA, A,M; BRAIT, C,H,H.; CABRAL, J,B,P; SANTOS, F, F. *Análise do Teor de Metais Oriundos de Atividades Agrícolas em Águas Superficiais e Sedimentos da Micro-Bacia do Rio Doce, Sudoeste do Estado de Goiás*. 50 Congresso Brasileiro de Química, Cuíaba, MT, 10p. 2010.

MACHADO, W.C.P.; BECEGATO, V.A.; BITTENCOURT, A.V.L. *Monitoramento da qualidade da água do rio Pinheiro – um afluente da bacia hidrográfica do rio Pato Branco-PR*. *Revista de Estudos Ambientais*. v.8, n.2, p.44-63.2006.



- MACHADO, W.C.P.; BECEGATO, V.A.; BITTENCOURT, A.V.L (2008). *Anthropic Influence in the Water Quality of the River Basin that Supplies the Pato Branco Municipality-PR*. Brazilian Archives of Biology and Technology, v.52, n.1, p.221-232. 2008.
- MARGALEF, R. Limnologia. Barcelona: OMEGA, 1983. 1009p.
- MARIANO, Z.F. *A importância da variável climática na produtividade da soja no sudoeste de Goiás*. Rio Claro - SP, 2005. Tese (Doutorado em Geografia) Universidade Estadual Paulista Campus de Rio Claro. 2005.
- ROCHA, H. M.; CABRAL, J. B. P.; BRAGA, C. C. *Avaliação Espaço-Temporal das Águas dos 596 Afluentes do Reservatório da UHE Barra dos Coqueiros/Goiás*. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Volume 19, n.1, p. 131-142. 598. 2014.
- RICHTER, E.M.; FORNARO, A.; CLAUDIMIR L. DO LAGO, C.L., ANGNES, L. *Avaliação da composição química de águas do sistema Guarapiranga: Estudo de caso dos anos de 2002 e 2003*. Química. Nova, v. 30, n. 5, p.1147-1152. 2007.
- SIQUEIRA, G.W.; APRILE, F.; MIGUÉIS, A.M. *Diagnóstico da qualidade da água do rio Parauapebas (Pará – Brasil)*. Acta Amazônica, v.42(3), p. 413-422. 2012.
- TOLEDO, L.G; NICOLELLA, G. *Índice de qualidade de água de uma microbacia sob uso agrícola e urbano*. Scientia Agricola, v.59, n.1, p.181-186, 2002.
- VON SPERLING, M. *Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgoto*. 1 Ed. Belo Horizonte. 243p.1996.