



AVALIAÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL DE CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS EM ÁGUAS SUPERFICIAIS DO RIO CATUMBELA, ANGOLA

I. T. L. Sassoma¹, I. F. Sousa², A. O. Aguiar Netto³, C. M. de Carvalho⁴

RESUMO

O presente trabalho foi realizado na província de Benguela em Angola na região do baixo Rio Catumbela, tendo como objeto de estudo a caracterização físico-química da qualidade da água. Para a realização dessa pesquisa foram utilizados como procedimentos metodológicos coleta de amostras, avaliação e seleção de parâmetros da qualidade da água de forma a realizar amostragem em 9 pontos com padrões distintos de análise no Rio Catumbela em duas épocas distintas do ano (chuvosa e seca). Fundamentando-se nos parâmetros estudados e nos dados coletados durante a pesquisa de campo, ficou demonstrada uma nítida variação na qualidade da água de acordo com as sazonalidades anuais. Os resultados demonstraram que as variações na composição e na qualidade da água estão relacionadas com a litologia da área de estudo e com a atividade antrópica, através de lançamento direto e/ou indireto de efluentes domésticos e industriais, disposição inadequada dos resíduos sólidos, assoreamento do rio gerado pela urbanização, desmatamento e produção agrícola intensiva ao longo de seu percurso.

Palavras-chave: atividade antrópica, qualidade da água, água para abastecimento e irrigação.

TIME AND SPACE EVALUATION OF FEATURES PHYSICAL AND CHEMICAL OF SURFACE WATER IN THE RIVER CATUMBELA, ANGOLA

ABSTRACT

This work was carried out in the province of Benguela in Angola in the lower Rio Catumbela region, with the object of study the physical and chemical characterization of water quality. To carry out this research were used as instruments sampling, evaluation and selection parameters of water quality in order to perform sampling on 9 points with different analysis patterns in Catumbela river in two different seasons (wet and dry). Taking account of the studied parameters and data collected during the field research, was demonstrated a clear variation in water quality according to the annual seasonality. The results showed that variations in composition and water quality are related to the lithology of the study area and the anthropogenic activity by launching direct and/or indirect domestic and industrial

¹ Mestre em desenvolvimento e meio ambiente, UFS, São Cristóvão – SE. e-mail: isaacsassoma@gmail.com

² Pós Doutor, Professor, UFS, São Cristóvão – SE. e-mail: inajfrancisco@gmail.com

³ Pós Doutor, Professor, UFS, São Cristóvão – SE. e-mail: antenor.ufs@gmail.com

⁴ Pós Doutorando, Professor, UFS/FATEC Cariri, São Cristóvão – SE. e-mail: carvalho_cmc@yahoo.com.br

wastewater, improper disposal of solid waste, sedimentation River generated by urbanization, deforestation and intensive agricultural production along its route.

Keywords: human activity, water quality, water for supply and irrigation.

INTRODUÇÃO

A água é essencial para existência de vida e indispensável ao desenvolvimento econômico e social. Mesmo que ainda seja abundante no planeta, já apresenta comprometimento de sua quantidade e qualidade, fazendo com que haja uma crescente preocupação em relação a sua preservação e também a conservação do meio ambiente, conduzindo assim, à criação de uma legislação mais rigorosa e eficiente, visando proteger os recursos ambientais (MEDEIROS et al., 2005).

O termo qualidade de água, não se refere somente, a um estado de pureza, mas também às características químicas, físicas e biológicas, contidas nesta e, conforme essas características são destinadas a diferentes finalidades. Sendo assim, a política normativa nacional de uso da água, da resolução nº 357/2005 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), procurou estabelecer parâmetros que definem limites aceitáveis de elementos estranhos, considerando os diferentes usos (BRASIL, 2005).

O conhecimento sobre a qualidade hídrica dos cursos d'água de uma bacia hidrográfica é de extrema importância, pois possibilita inferir sobre as condições da bacia hidrográfica como um todo. Uma forma de se conhecer a qualidade hídrica é fazer o diagnóstico temporal e espacial, obtendo informações necessárias ao gerenciamento e ações de intervenção para recuperação ou preservação dos mananciais, dando melhores condições a sustentabilidade dos ecossistemas (VALLE JÚNIOR et al., 2013).

O uso de índices de qualidade de água é uma tentativa que todo programa de monitoramento de águas superficiais prevê como forma de acompanhar, através de informações resumidas, a possível deterioração dos recursos hídricos ao longo da bacia hidrográfica ou ao longo do tempo (TOLEDO e

NICOLELLA, 2002).

Os padrões de qualidade da água variam para cada tipo de uso. Assim, os padrões de potabilidade (água destinada ao abastecimento humano) são diferentes dos de balneabilidade (águas para fins de recreação de contato primário), os quais, por sua vez, não são iguais aos estabelecidos para a água de irrigação ou destinadas ao uso industrial (SILVA et al., 2011; CAVALCANTE et al., 2012).

Toledo e Nicolella (2002) postulam que o uso de indicadores de qualidade de água consiste no emprego de variáveis que se correlacionam com as alterações ocorridas na microbacia, sejam estas de origens antrópicas ou naturais.

Segundo Valle Júnior et al. (2013), a avaliação da qualidade dos recursos hídricos pode ser realizada pela análise dos resultados obtidos das amostras com os padrões de qualidade estabelecidos por resoluções normativas. No Brasil, a classificação das águas em relação a qualidade requerida para seus usos, é estabelecida pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente pela Resolução nº 357/2005 (BRASIL, 2005), sendo muito utilizada para comparar o nível de qualidade das águas brasileiras para as diversas classes de usos.

Nesse sentido é importante frisar, que a falta de planejamento ambiental dos recursos hídricos em Angola tem desencadeado um forte apelo científico e social para a necessidade de um plano de desenvolvimento sustentável e um planejamento ambiental adequado nas bacias hidrográficas, condição que se tornou visível ao longo dos anos devido à degradação que os recursos naturais vêm sofrendo, fundamentado nas relações conflituosas entre sociedade - natureza. Esse fato gera a necessidade de um plano de desenvolvimento sustentável e uma gestão ambiental adequada sobre os recursos hídricos, sendo este, importante para a ilustração dos variados problemas existentes e oriundos das relações homem - natureza.

AVALIAÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL DE CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS EM ÁGUAS SUPERFICIAIS DO RIO CATUMBELA, ANGOLA

Nesse sentido, considerando que os estudos ambientais realizados no município da Catumbela são extremamente escassos, urge a necessidade de gerar e aprofundar os conhecimentos científicos em seus diversos aspectos sobre o Rio Catumbela tornando esse um estudo pioneiro e inédito. Por esse motivo, o presente estudo teve como objetivo geral determinar alguns parâmetros físico-químicos da água na região no baixo Rio Catumbela em Angola, nos períodos seco e chuvoso, e seu respectivo enquadramento de acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005 (BRASIL, 2005).

MATERIAL E MÉTODOS

O município da Catumbela localiza-se ao sul do Equador, a noroeste da província de Benguela, em Angola (Figura 1). Limita-se ao norte com a cidade do Lobito e ao sul com a cidade de Benguela, ao leste com o povoado do Biópio e ao oeste com o Oceano Atlântico. Situa-se a 8 km da cidade de Lobito e 22 km da cidade de Benguela, a 12°24' de latitude sul e 13°35' de longitude leste. O município tem uma extensão superficial de 552 km², com população estimada superior a 140.000 habitantes.

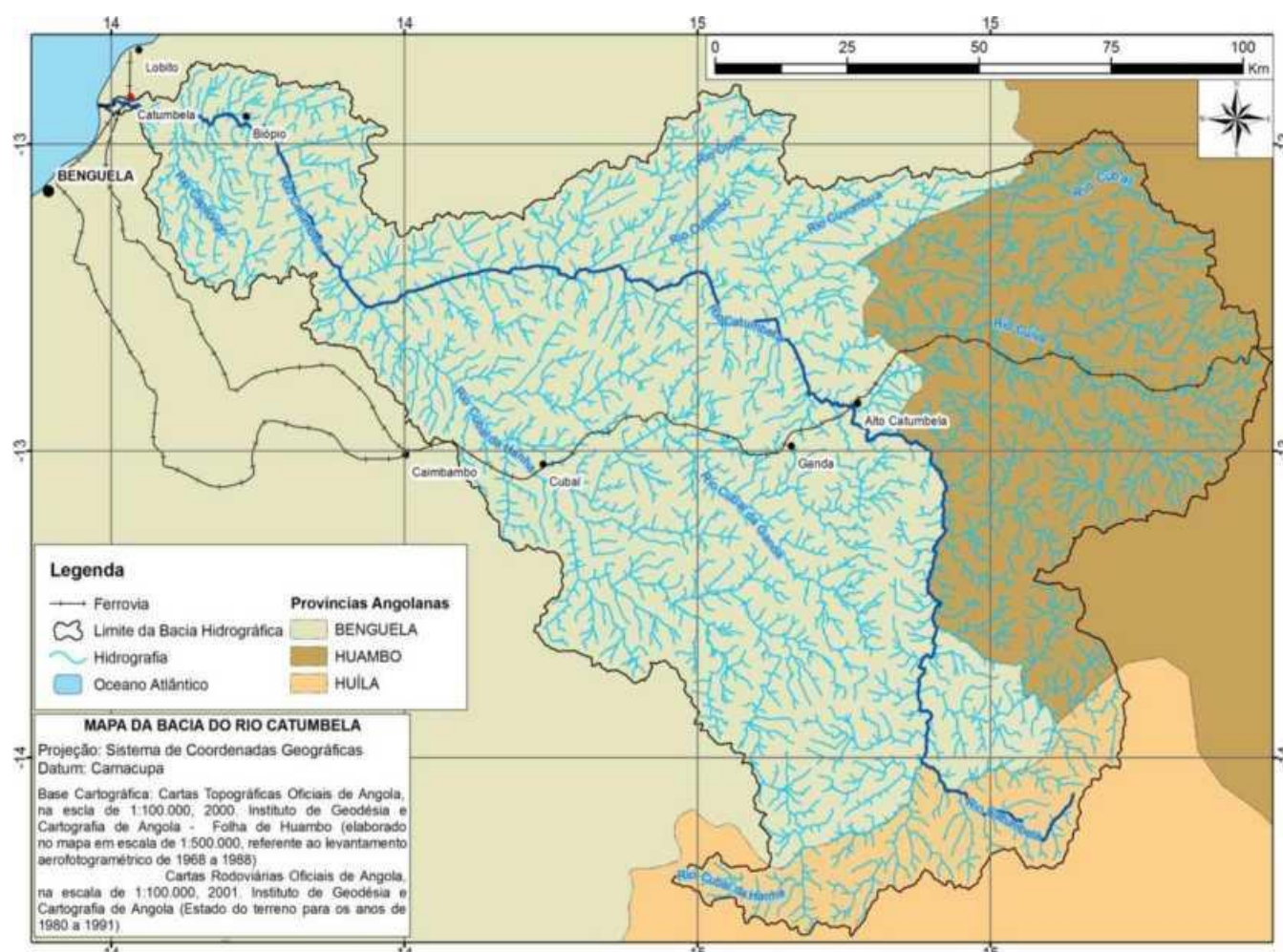


Figura 1. Mapa da bacia hidrográfica do Rio Catumbela. Fonte: IGCA (2001).

O clima na Catumbela é tropical seco e desértico, com forte influência da corrente fria de Benguela ao longo do litoral. A temperatura média anual oscila entre 23 e 24 °C, a pluviosidade de 200 - 400 mm, com número de

dias de precipitação de 20 a 60, mas a umidade relativa do ar de 75 a 80%. O clima seco de deserto sem ocorrência de geadas, evapotranspiração potencial média anual calculada segundo Thornthwait de 1.300 mm

(DINIZ, 1998).

Os pontos de coleta de informações foi determinada a partir da observação da intensa atividade antrópica, agropecuária e as áreas densamente ocupadas onde está inserida a região industrial do baixo Rio Catumbela. Em seguida, fez-se a marcação dos nove pontos ao longo do rio e as respectivas coletas das amostras da água, levando em consideração os períodos estacionais de chuvas no período de março/abril e junho/julho do ano de 2012.

Para a realização dos estudos alguns parâmetros físico-químicos que sofrem alterações com o transporte e com o período de coleta, dentre o oxigênio dissolvido e pH, foram avaliados *in situ*. A determinação desses parâmetros foi feita com uma sonda

multiparâmetros de marca Hanna, modelo HI 9828

Nos períodos chuvoso e secos foram determinados os teores de nitrato, nitrito, sulfato, cromo, cobre e ferro, usando um fotômetro acoplado com uma lâmpada de tungstênio e radiação UVvisível, de marca Hanna, cujo modelo é HI83200.

A amostragem dos pontos no Rio Catumbela foi com base na seleção de nove pontos, desde a sua foz (ponto 1 - sendo o ponto mais à jusante), até ao açude situado a cerca de 10 km da foz (ponto 9 - sendo o ponto mais à montante), levando em consideração os locais diferenciados quanto à intensidade das atividades antrópicas e industriais. (Figura 2 e Tabela 1).



AVALIAÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL DE CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS EM ÁGUAS SUPERFICIAIS DO RIO CATUMBELA, ANGOLA



Figura 2. Localização geral dos pontos (A), ponto 1 (B), ponto 2 (C), ponto 3 (D), ponto 4 (E), ponto 5 (F), ponto 6 (G), ponto 7 (H), ponto 8 (I), ponto 9 (J), de coleta em campo.

Tabela 1. Caracterização dos pontos de coletas no Rio Catumbela.

PONTO	LOCALIZAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
1	12°26'34,8"S - 13°29'09,4"E	Situa-se a cerca de 600 m da foz do Rio Catumbela na margem direita. O solo, conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (EMBRAPA, 2013) é Luvissolo, de textura argilosa contém mica e elevada concentração de óxido de ferro. Os Luvissolos são utilizados para o cultivo, mas pela dispersão e solubilização das argilas a água do rio está em nível elevado de turbidez.
2	12°26'21,5"S - 13°31'44,9"E	Localiza-se a cerca de 60 a 80 m da descarga de efluentes da fábrica de cerveja, na margem direita do Rio Catumbela. A água do rio é turva, com grande carga em suspensão, tem fluxo intenso, o solo é castanho pardo, arenoso, rico em mica, não se mostra coerente e há caniços. Este local corresponde a uma zona de erosão, onde o talude é quase vertical.
3	12°26'21,2"S - 13°31'42,9"E	Esta situado junto à descarga da fábrica de cerveja, numa reentrância onde a água e o solo são idênticos ao ponto 2.
4	12°26'21,5"S - 13°32'09,6"E	Está localizado na margem esquerda do rio em frente à povoação, recebe os efluentes da comunidade e do hospital. Neste local há uma pequena ilha no meio do leito do rio e uma intensa atividade agrícola.
5	12°26'15,1"S - 13°32'13,9"E	Está localizado na margem direita numa zona calma onde o fluxo é pouco intenso, pois corresponde a uma pequena reentrância. Esta zona é usada para lavagem de roupa e a aluvião é arenosa fina a argilosa.
6	12°26'00,7"S - 13°32'36,1"E	Situa-se a 300 m a montante da ponte sobre o Rio Catumbela, na margem direita; a água move-se com grande fluxo, é bastante turva e o rio corre num leito artificial.
7	12°26'30,0"S - 13°33'42,9"E	Está situado na margem direita numa zona de erosão. O talude tem cerca de 3 m de altura e possui enrocamento para proteção da margem. A água do rio é turva. Há grande quantidade de lixo urbano, esgotos livres e lavagem de carros.
8	12°26'53,2"S - 13°34'14,6"E	Encontra-se população local explorando inertes do rio com o fim de comercialização. A influência do município ainda não se faz sentir, mas há agricultura. O ponto está localizado na margem direita e a água é também turva.
9	12°27'03,5"S - 13°34'56,6"E	É localizado a montante. O rio possui água turva, grande caudal e fluxo intenso. Há um pequeno açude e a água foi colhida antes deste. Não se observou disposição inadequada dos resíduos sólidos e nem agricultura intensiva. Neste local o rio desenha uma curva e corre encaixado num vale de margens abruptas.

A seleção dos referidos pontos baseou-se no grau de relevância, facilidade de acesso e a proximidade com as atividades industriais e antrópicas. Realizaram-se duas coletas, a primeira no final do período chuvoso (março/abril de 2012) e a segunda no período de aridez (junho/julho de 2012).

Os valores médios dos parâmetros físico-

químicos avaliados nos períodos chuvoso e seco, para o Rio Catumbela em Angola, foram analisados tomando como base os critérios da Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005) para as classes 1, 2 e 3 que tratam de águas destinadas ao abastecimento humano e utilização em irrigação para diferentes culturas (Tabela 2).

AVALIAÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL DE CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS EM ÁGUAS
SUPERFICIAIS DO RIO CATUMBELA, ANGOLA

Tabela 2. Classificação dos corpos de águas doces, de acordo com os critérios brasileiros contidos na Resolução CONAMA nº 357 de 2005.

Classificação	Uso da Água
Classe especial	a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; b) a preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e, c) a preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
Classe 1	a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; b) a proteção das comunidades aquáticas; c) a recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000; d) a irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e e) a proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
Classe 2	a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; b) a proteção das comunidades aquáticas; c) a recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000; d) a irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e e) a aquicultura e a atividade de pesca.
Classe 3	a) o abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; b) a irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; c) a pesca amadora; d) a recreação de contato secundário; e e) a dessedentação de animais.
Classe 4	a) a navegação; e b) a harmonia paisagística.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Oxigênio dissolvido e potencial hidrogeniônico (pH)

Os valores de oxigênio dissolvido na água (OD) nos períodos (seco e chuvoso), variaram

entre 13,26 e 7,57 mg.L⁻¹, sendo os mais elevados nas amostras mais a jusante. O baixo teor de oxigênio dissolvido na água no período de estiagem indica que as águas do rio receberam maior quantidade de matéria orgânica no período das chuvas (Figura 3A).

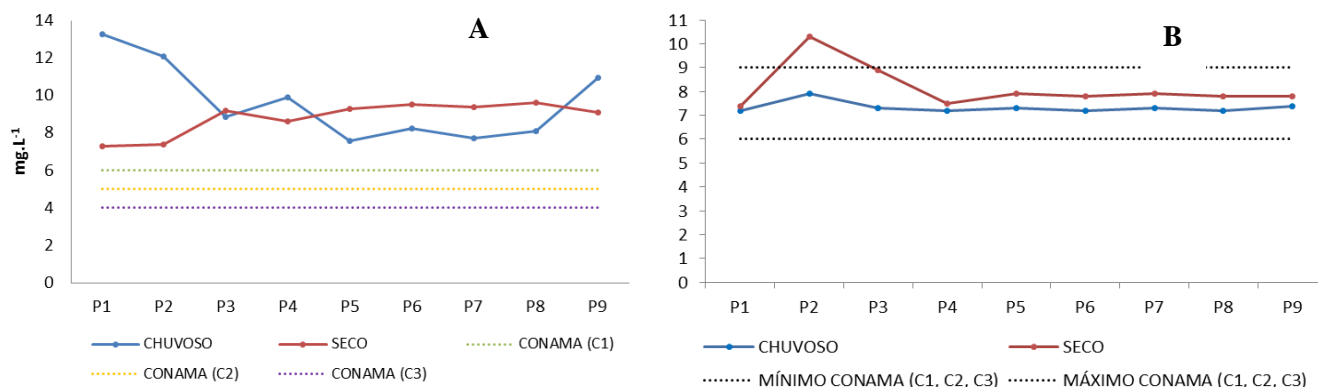


Figura 3. Oxigênio dissolvido (A) e pH (B) nos diferentes pontos de coleta e épocas no Rio Catumbela.

Carvalho et al. (2000) afirmam que o excesso de matéria orgânica na água ocasiona a diminuição do teor de oxigênio dissolvido. Segundo Sperling (2005), os principais responsáveis pela elevação do consumo de oxigênio dissolvido são os microrganismos que degradam a matéria orgânica.

Os teores de oxigênio dissolvido na água no Rio Catumbela são historicamente superiores a $7,4 \text{ mg L}^{-1}$, em ambos os períodos (chuvoso e seco) e estão em conformidade com a Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005), que estabelece um limite mínimo de 6 mg.L^{-1} para as águas de classe 1, de 5 mg.L^{-1} para as águas de classe 2 e 4 mg L^{-1} para as águas de classe 3.

Resultado semelhante foi obtido por Valle Júnior et al. (2013) ao analisarem a qualidade da água do Rio Uberaba – MG e por Vasconcelos et al. (2009) do Rio Acaraú – CE.

O oxigênio dissolvido é um dos principais parâmetros para monitoramento dos níveis de poluição da água, pois é fundamental para manter e verificar as condições aeróbicas num curso d'água que recebe material poluidor (BAUMGARTEN e POZZA, 2001).

A água, em condições normais, contém oxigênio dissolvido, cujo teor de saturação depende da altitude e da temperatura. Águas com baixos teores de oxigênio dissolvido indicam que recebem matéria orgânica; a decomposição da matéria orgânica por bactérias aeróbicas é, geralmente, acompanhada pelo consumo e redução do oxigênio dissolvido da água; dependendo da capacidade de autodepuração do manancial, o teor de oxigênio

dissolvido pode alcançar valores muito baixos, ou até mesmo zero, extinguindo-se os organismos aquáticos aeróbios (SILVA et al., 2011).

O pH (potencial hidrogeniônico) representa o equilíbrio entre íons H^+ e os íons OH^- ; varia de 0 a 14; indica se a água é ácida (pH inferior a 7), neutra (pH igual a 7) ou alcalina (pH maior do que 7); o pH da água depende de sua origem e características naturais, mas pode ser alterado pela introdução de resíduos. Águas com pH baixo são corrosivas, com pH elevado formam incrustações nas tubulações; ao considerar que vida aquática depende do pH o valor recomendado situa-sena faixa de 6 a 9 (SILVA et al., 2011).

O pH é importante na análise de água para irrigação, por estar intimamente relacionado com a concentração de outras substâncias dissolvidas na água. A alta concentração de íons bicarbonatos na água de irrigação favorece a precipitação de cálcio e magnésio, aumentando a concentração de sódio na solução do solo, além de obstruir os emissores nos sistemas de irrigação pressurizados de alta frequência. Os valores de pH oscilam na amplitude de 6,5 a 8,4; valores aquém ou além desses limites indicam que pode comprometer a qualidade da água (PANTERNIANI e PINTO, 2001).

O pH foi um dos parâmetros físico-químico da água mais que se manteve inserido nos limites médios exigidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005), a qual estabelece uma faixa de 6,0 a 9,0.

AVALIAÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL DE CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS EM ÁGUAS SUPERFICIAIS DO RIO CATUMBELA, ANGOLA

Os valores do potencial hidrogeniônico (pH), exceto das amostras coletada nos pontos 2 e 3, à jusante de uma fábrica de cerveja localizada no Rio Catumbela, que apresentou 10,3 e 8,9 (Figura 3B), variou entre 7,2 e 7,4. Águas com pH distantes da neutralidade podem prejudicar a vida aquática, como os peixes e os microrganismos responsáveis pela decomposição biológica dos esgotos (SPERLING, 2005).

Segundo Franca et al. (2006), o pH pode ser influenciado por despejos domésticos e/ou industriais, pelo tipo de solo e pela erosão de áreas agrícolas que receberam corretivos e fertilizantes em aplicações isoladas ou simultaneamente.

No período chuvoso os valores de pH são mais baixos do que no período seco, sendo muito próximos da neutralidade, o que se deve ao fator do caudal do Rio ser muito maior, nessas condições a influência da litologia é esbatida.

Donadio et al. (2005) e Gonçalves et al. (2005) avaliaram a qualidade da água de rios de bacias hidrográficas agrícolas no Brasil e

registraram valores de pH, semelhantes ao trabalho em apreço, com variação de 6 a 7. Valle Júnior et al. (2013) estudando a qualidade da água do Rio Uberaba – MG nos períodos chuvoso e seco constataram valores médios de pH entre 6,9 e 7,3.

O pH da água depende de sua origem e características naturais, mas pode ser alterado pela introdução de resíduos; águas com pH tornam-se corrosivas; elevado formam incrustações nas tubulações (SILVA et al., 2011). Águas com pH anormal promovem desequilíbrios de nutrição e toxicidade específicas às plantas, rebanhos e ao homem (MORAIS et al., 1998).

Nitrato, nitrito e sulfato

Os nitratos ocorrem em geral com baixos teores e foram detectados apenas em três locais de amostras (ponto 2, ponto 5 e ponto 7) no período seco. No período das chuvas, observou-se um aumento dos seus teores em todas as amostras (Figura 4A).

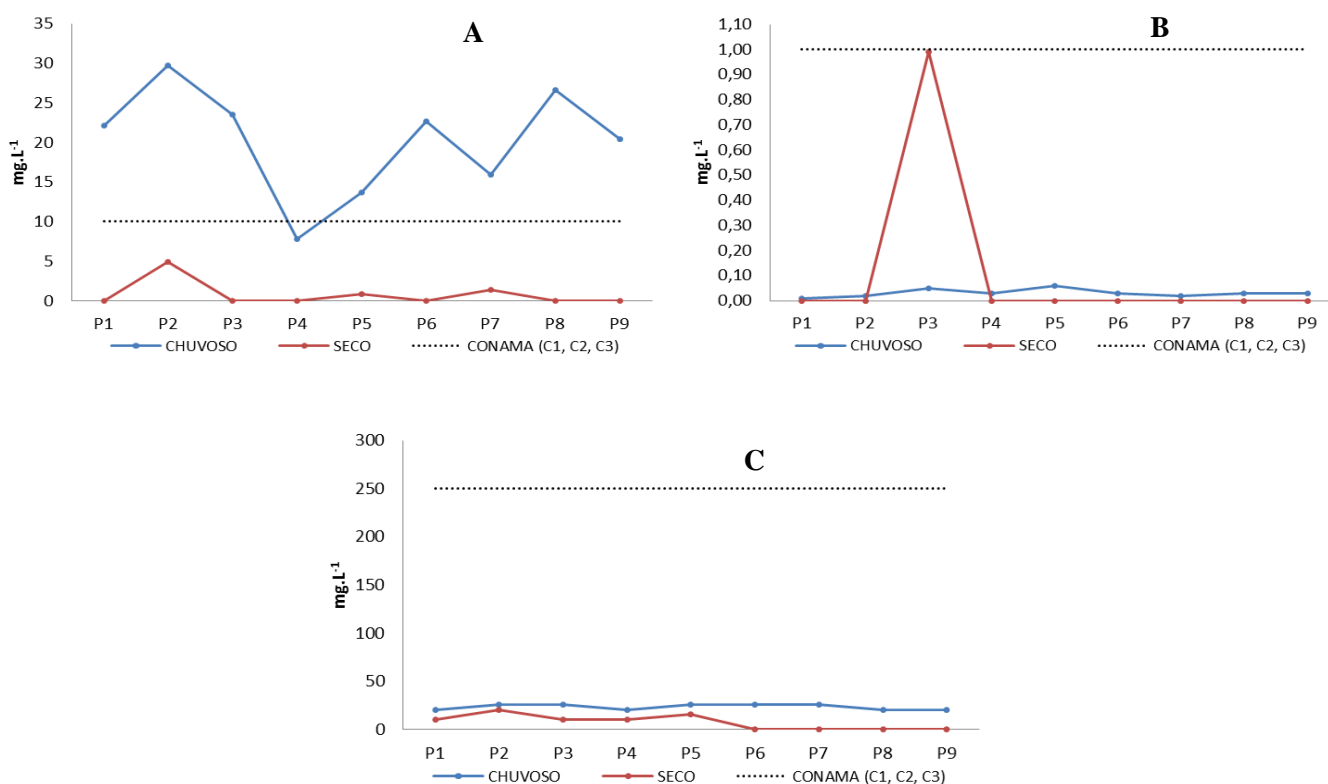


Figura 4. Nitrato (A), nitrito (B) e sulfato (C) nos diferentes pontos de coleta e épocas de avaliação no Rio Catumbela.

O aumento dos teores de nitrato nas águas do Rio Catumbela durante a época das chuvas deve-se à lixiviação das terras cultivadas e de outros resíduos. Segundo Sperling (2005), o nitrato é um íon muito móvel e pode ser facilmente removido das camadas superiores do solo para água.

Os resultados diferem dos apresentados por Valle Júnior et al. (2013) para a qualidade da água superficial do Rio Uberada – MG e Vasconcelos et al. (2009) do Rio Acaraú – CE, com valores bem abaixo do limite máximo de 10 mg L^{-1} e em conformidade com a Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005) no período chuvoso e seco, respectivamente.

Águas com teores de nitrato acima de 10 mg L^{-1} , conforme BRASIL (2005), já estão contaminados. Dessa forma, os teores de nitratos de 7,8 a $29,7 \text{ mg L}^{-1}$ no Rio Catumbela indicam que as águas, conforme a Lei Brasileira, estão contaminadas, a água dos pontos amostrados mais a montante por possuir teores elevados de nitratos (Figura 4A).

O nitrato ocorre geralmente em pequenas concentrações em águas superficiais e esgoto doméstico fresco, mas pode atingir teores elevados em mananciais subterrâneos e em efluentes nitrificados (ROLIM et al., 2013). O nitrato, na água, pode causar a metamoglobinemia infantil e pode ser causa de câncer decorrente de um processo pelo qual o nitrato é convertido em nitrito por uma bactéria estomacal (SILVA et al., 2011).

A presença de nitritos nos mananciais indica introdução recente destes compostos nas águas (SPERLING, 2005; ROLIM et al., 2013), pois estes são instáveis e oxidam-se facilmente para nitratos. Os teores de nitritos referentes ao período chuvoso e seco, em comparação com os estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005), indicam que não existe contaminação em nitritos nas águas do Rio Catumbela (Figura 4B).

Resultados superiores foram apresentados por Vasconcelos et al. (2009) ao avaliarem a qualidade do Rio Acaraú – CE, em oito pontos de coletas no período seco e chuvoso, em que

aproximadamente 75% da área estava com valor acima adotado como adequado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005) para a água destinada para o consumo humano classe 1, 2 e 3.

O sulfato nas águas é, geralmente, resultante da dissolução do gesso e de sulfatos existentes nos solos e rochas (SANTOS, 2000), mas também pode derivar da oxidação de sulfuretos. Durante o período chuvoso o sulfato foi detectado apenas nas amostras de água coletadas mais à jusante, com teores que atingiram 15 mg.L^{-1} . Entretanto durante o período seco, o sulfato foi detectado em todas as amostras de água, e em teores mais elevados (Figura 4C), mas, sem elevadas variações entre os pontos amostrados. Portanto na época das chuvas ocorre lixiviação dos sulfatos e podem derivar de sulfatos aplicados aos solos pela agricultura, contudo na região ocorrem camadas de gesso intercaladas nos calcários, pelo que o sulfato da água do Rio Catumbela pode ser de origem natural.

Os teores de sulfatos determinados no período chuvoso e seco são permitidos para o consumo, conforme o estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005) em todos os pontos de coleta e indicam que não existe contaminação em sulfato nas águas do Rio Catumbela (Figura 4C).

Na época das chuvas observa-se um aumento nos teores dos ânions analisados nas águas (nitrato, nitrito e sulfato), em relação ao período seco, mas não se observam variações regulares destes compostos ao longo do percurso do rio, nem no período chuvoso e nem no período seco. Contudo os somatórios das concentrações dos respectivos ânions para cada amostra, observa-se para ambos os períodos um aumento gradual desde o ponto 9, localizado à montante, até ao ponto 1 situado próximo da foz.

Cobre, ferro e cromo

O cobre é um micronutriente essencial às plantas presente nas águas, mas teores a partir de $0,09 \text{ mg L}^{-1}$ podem ser prejudiciais à saúde

AVALIAÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL DE CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS EM ÁGUAS SUPERFICIAIS DO RIO CATUMBELA, ANGOLA

humana (O'NEILL, 1985). O valor máximo permitido do elemento, para águas de classe 1 e 2 é de $0,009 \text{ mg.L}^{-1}$ e o valor máximo admitido para águas de classe 3 é de $0,013 \text{ mg.L}^{-1}$. Os teores de cobre determinados nas amostras de

água do Rio Catumbela no período chuvoso foram muito superiores aos determinados no período seco (Figura 5A), indicando lixiviação, ou escoamento superficial do cobre para o rio provocado pelas chuvas.

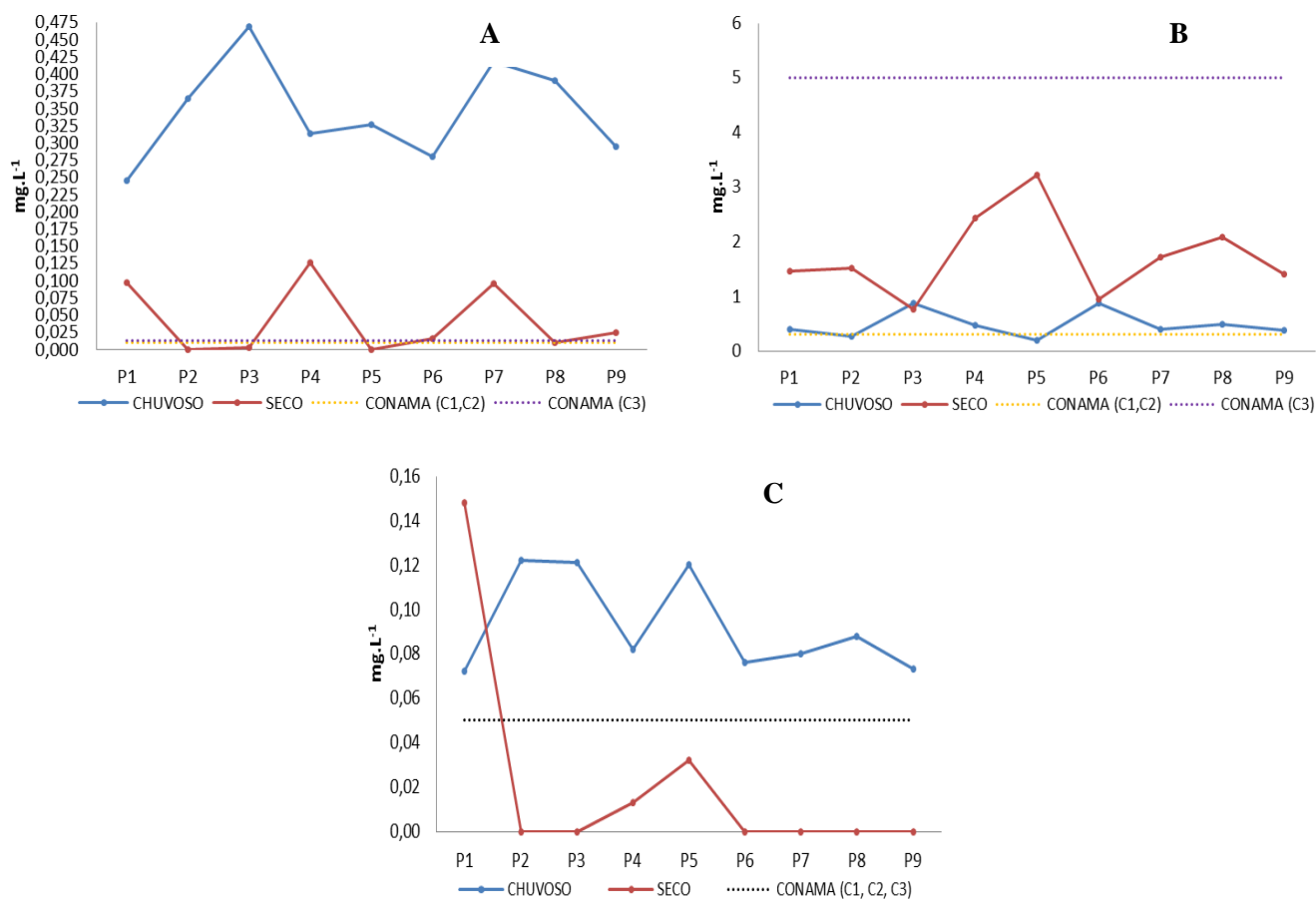


Figura 5. Teores de cobre (A), ferro (B) e cromo (C) nos pontos de coleta e épocas no Rio Catumbela.

Os teores de cobre determinados no período chuvoso variaram entre $0,245$ e $0,468 \text{ mg.L}^{-1}$, e superam o valor limite das águas para consumo humano apresentado na Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005) que é no máximo de $0,013 \text{ mg.L}^{-1}$.

O cobre na água pode ser oriundo da decomposição ou mineralização da matéria orgânica, lixiviação de solos e rochas; pode também ter origem antrópica de efluentes de fossas cépticas, efluentes da indústria, fertilizantes agrícolas e lixos. Os teores relativamente elevados de cobre determinados

na água do rio podem ser devidos à existência de mineralizações de carbonatos de cobre, que existem na bacia hidrográfica do Rio Catumbela, referenciadas em Galvão e Silva (1972), algumas das quais ainda em exploração.

Nas áreas agrícolas, o cobre do solo pode ter origem antrópica pela aplicação de fertilizantes ou de efluentes industriais e domésticos. O teor mais elevado ($0,468 \text{ mg.L}^{-1}$) foi determinado no ponto que se localiza junto à descarga de efluentes de uma fábrica de cerveja existente no local (ponto 3).

Os teores de ferro determinados no

período chuvoso foram inferiores aos do período seco (Figura 5B). Essa inferioridade pode ser devido à diluição no período chuvoso, visto que o rio possuía um grande caudal, ou polos teores de oxigênio terem sido mais elevados no período o que provocou uma oxidação mais intensa e a precipitação do hidróxido férrico reduzindo a concentração de ferro na água. Apesar da ausência de correlação entre os teores de ferro e de oxigênio dissolvidos, os valores de variação dos teores de ferro ao longo do rio nos dois períodos são inversos.

Os elevados teores de ferro determinados na água do Rio Catumbela (atingem $3,2 \text{ mg.L}^{-1}$ no período seco), podem ser devidos a deposição de ferro-manganês para as águas do rio e seus afluentes por mineradoras existentes às margens (GALVÃO e SILVA, 1972).

Os teores de ferro determinados em ambos os períodos no Rio Catumbela são superiores ao valor paramétrico de $0,3 \text{ mg.L}^{-1}$, referido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005) para a água destinada ao consumo humano tipo classe 1 e 2. Águas com excesso de ferro obstruem as tubulações, mancham as roupas, possuem sabor e cor desagradáveis.

Vasconcelos et al. (2009) estudando a qualidade do Rio Acaraú – CE em oitos pontos de coletas, constataram que em 63% dos pontos de coleta os teores de ferro estavam acima do valor paramétrico da Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005) na água destinada ao consumo humano tipo classe 1 e 2.

O ferro pode originar-se da dissolução de compostos do solo ou de despejos industriais; águas ricas em ferro causam coloração avermelhada à água, mancham as roupas e conferem sabor metálico à água. As águas ferruginosas favorecem o desenvolvimento das ferrobactérias, que induzem maus odores e coloração à água e obstruem as tubulações hidráulicas (SILVA et al., 2011).

Segundo Ucker et al. (2013), dentre os possíveis componentes da água para irrigação o ferro em alta concentração pode acarretar tanto

em toxicidade para as plantas, quanto entupimento dos emissores e tubulações.

O cromo (VI) pode existir em vários estados de oxidação e sob a forma de cromo é muito perigoso por ser considerado cancerígeno. O cromo (VI) só foi detectado em três pontos de amostras de águas analisadas no período seco, mas o teor, determinado na amostra coletada no ponto 1, foi de $0,148 \text{ mg.L}^{-1}$ e supera o limite adotado de $0,05 \text{ mg.L}^{-1}$ conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005) e por Sperling (2005) para classes 1, 2 e 3, respectivamente.

No período chuvoso os valores de cromo (VI) variam entre $0,072$ e $0,122 \text{ mg L}^{-1}$ e os teores determinados nas amostras à montante foram inferiores aos determinados nas amostras próximas à jusante, com exceção dos pontos 1 e 4 (Figura 5C). Todos os valores determinados no período chuvoso ultrapassam o valor de $0,05 \text{ mg.L}^{-1}$ referido na Resolução, como teores máximos de cromo (VI) em águas para consumo humano, portanto a água do Rio Catumbela estava contaminada por cromo (VI) durante a época das chuvas.

CONCLUSÕES

Os teores de oxigênio dissolvido, pH, nitrito, sulfato nas águas do Rio Catumbela em Angola encontram-se dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 em ambos os períodos de estudo (chuvoso e seco).

No período chuvoso as águas do Rio Catumbela encontram-se contaminadas por nitrato, cobre e cromo em todos os pontos coletados.

Os teores de ferro determinados no Rio Catumbela estão acima dos limites para águas doces de classe 1 e 2, porém em conformidade para águas doce de classe 3.

Os resultados demonstraram que as variações na composição e na qualidade da água estão relacionadas com a litologia da área de estudo e com a atividade antrópica, através de

AVALIAÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL DE CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS EM ÁGUAS
SUPERFICIAIS DO RIO CATUMBELA, ANGOLA

lançamento de efluentes domésticos e industriais, disposição inadequada dos resíduos sólidos e produção agrícola intensiva ao longo de seu percurso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAUMGARTEN, M. G. Z.; POZZA, S. A. **Qualidade de águas: descrição de parâmetros químicos referidos na legislação ambiental**. Rio Grande: Ed. FURG, 2001. 166p.
- BRASIL, Ministerio do Meio Ambiente. **CONAMA Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005**. Brasília, 2005.
- CARVALHO, A. R.; MINGANTE, F. H.; TORNISIELO L. Relação da atividade agropecuária com parâmetros físicos e químicos da água. **Revista Química Nova**, v.23, n.5, p.618- 22, 2000.
- CAVALCANTE, L. F.; OLIVEIRA, F. A.; GHEYI, H. R.; CAVALCANTE, I. H. I.; SANTOS, P. D. **Água para agricultura: irrigação com água de boa qualidade e água salina**. In: CAVALCANTE, L. F. (Ed). O maracujazeiro amarelo e a salinidade da água. João Pessoa: Sal da Terra, Cap. 1, p. 1-31, 2012.
- DINIZ, A. C. **Angola, meio físico e potencialidades agrícolas**. 2a Edição Revista, Lisboa, 1998.
- DONADIO N. M. M, GALBIATTI J. A.; PAULA R. C. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, São Paulo, Brasil. **Engenharia Agrícola**, v.25, n.1, p.115-125, 2005.
- EMBRAPA. - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3º. ed. Brasília, DF: Embrapa Solos 2013. 353p.
- FRANCA, R. M.; FRISCHKORN, H.; SANTOS, M. R. P.; MENDONÇA, L. A. R.; BESERRA, M.C.; Contaminação de poços tubulares em Juazeiro do Norte-CE. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.11, n.1, p.92-102, 2006.
- GALVÃO C. F., SILVA Z. **Carta Geológica de Angola à escala 1/100.000**. Notícia explicativa de folha nº 227-228 (Lobito). Direção Provincial. Serviços de Geologia de Minas de Angola, Luanda. 1972.
- GONÇALVES, C. S.; RHEINHEIMER, D. S.; PELLEGRINI, J. B. R.; KIST, S. L. Qualidade da água numa microbacia hidrográfica de cabeceira situada em região produtora de fumo. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v.9, n.3, p.391-399, 2005.
- MEDEIROS, S. S; SOARES, A.A; FERREIRA, P.A; NEVES, J.C.L; SOUZA, J.A. Utilização de águas residuárias de origem doméstica na agricultura: Estudo do estado nutricional do cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.04, p.603-612, 2005.
- MORAIS, E. R. C. de; MAIA, C. E.; OLIVEIRA, M. de. Qualidade da água para irrigação em amostras analíticas do banco de dados do departamento de solos e geologia da Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Mossoró-RN. **Caatinga**, v.11, n.1, p.75-83, 1998.
- O'NEILL P. **Environmetal chemistry**. Chapman & Hall, London, 1985. 267 p.
- PANTERNIANI, J. E. S.; PINTO, J. M. **Qualidade da água salinização, fertirrigação e legislação**. In: MIRANDA, J. H. de; PIRES, R. C. de M. (Ed.). Irrigação. v.1, São Paulo: FUNEP, 2001. p.195-253.
- ROLIM, O. H.; LEITE JÚNIOR, J. B.; GOMES FILHO, R. R. **Qualidade da água**. In: GOMES FILHO, R. R. (Org.). Gestão de recursos hídricos: conceitos e experiências em bacias

hidrográficas. Goiânia: América, 2013. p.217-253.

SANTOS, A. C. **Noções de Hidroquímica**. In: F. A. C. Feitosa e J. M. Filho, Hidrogeologia: conceitos e aplicações. 2^a Ed. CPRM, Fortaleza, 2000, p.81-108.

SILVA, I. N.; FONTES, L. de O.; TAVELLA, L. B.; OLIVEIRA, J. B. de; OLIVEIRA, A. C. de. Qualidade de água na irrigação. **ACSA - Agropecuária científica no semiárido**, v.7, n.3, p.1-15, 2011.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3^a ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005. 452 p.

TOLEDO, L. G.; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agrícola**, v.59, n.1, p.181-186, 2002.

UCKER, F. E.; LIMA, P. B. S. de O.; CAMARGO, M. F.; PENA, D. S.; CARDOSO, C. F.; PÊGO, A. W. E. Elementos interferentes na qualidade da água para irrigação. **Revista eletrônica em gestão, educação e tecnologia ambiental**. v.10, n.10, p.2102-2111, 2013.

VALLE JÚNIOR, R. F. do; ABDALA, V. L.; GUIDOLINI, J. F.; SIQUEIRA, H. E.; CANDIDO, H. G. Diagnostico temporal e espacial da qualidade das aguas superficiais do Rio Uberaba – MG. **Caminhos de Geografia**, v.14, n.45, p.01-11, 2013.

VASCONCELOS, R. S.; LEITE, K. do N.; CARVALHO, C. M. de; ELOI, W. M.; SILVA, L. M. F. da; FEITOSA, H. de O. Qualidade da água utilizada para irrigação na extensão da microbacia do baixo Acaraú. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.3, n.1, p.30–38, 2009.