

PRODUÇÃO DE ÁGUA EM UMA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO DO SUL DA BAHIA

Debora Alves Santos^{1*} & *Jonatas Batista Mattos*¹ & *Francisco Carlos Fernandes de Paula*² & *César Augusto Falcão*³

Resumo – O objetivo do presente artigo é apresentar resultados quantitativos dos deflúvios do Parque Nacional da Serra das Lontras, localizado no Sul do estado da Bahia, a fim de definir os volumes de água produzidos em áreas preservadas. As vazões fluviais foram medidas através do método da área *versus* velocidade. Parâmetros físico-químicos foram medidos em campo, com eletrodos portáteis, e a concentração de material em suspensão medida pelo método gravimétrico em laboratório. Os resultados mostram que, mesmo nos períodos de baixa vazão cada hectare de área preservada produz, no mínimo, 14.000 litros de água por dia. Como reflexo do excelente estado de preservação das microbacias amostradas, estas águas mostraram-se cristalinas, bem oxigenadas e com baixa concentração de sais dissolvidos. Tais resultados servem também de subsídios para a implementação de programas de Pagamentos por Serviços Ambientais na região.

Palavras-Chave – PARNA Serra das Lontras; Deflúvios; Áreas preservadas

WATER PRODUCTION IN A CONSERVATION UNITY AT SOUTHERN BAHIA

Abstract – The aim of this paper is to present quantitative results of runoff at the Serra das Lontras National Park, located in the Southern State of Bahia, in order to set the volumes of water produced in preserved areas. The river discharges were measured by the method of area *versus* velocity. Physico-chemical parameters were measured in the field with portable electrodes, and the concentration of suspended material measured by gravimetric method in the laboratory. The results show that, even in periods of low flow each hectare of preserved area produces at least 14.000 L of water a day. Reflecting the excellent preservation state of watersheds sampled, the water is crystalline, well oxygenated and presents low concentration of dissolved salts. These results also serve as subsidies for the implementation of programs of Payments for Environmental Services in the region.

Keywords – Serra das Lontras National Park; Runoff; Preserved areas

1. INTRODUÇÃO

A água é um dos principais recursos naturais, do qual os seres vivos dependem em quantidade e qualidade. O crescimento populacional e das atividades econômicas promovem o aumento na pressão do consumo deste recurso e igualmente a deterioração de sua qualidade

Iniciativas de âmbito Federal (ANA, 2011) e de empresas de abastecimento Estaduais apoiam ações de manutenção ou regeneração de vegetação nativa, em áreas por vezes mais de uma centena

¹ Discentes: Graduação, Universidade Estadual de Santa Cruz, Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais, Bacharelado em Geografia, Km 16 da rodovia Ilhéus-Itabuna, Salobrinho, Ilhéus-BA. debb.alvesantos@hotmail.com; jon-mattos@hotmail.com

² Docente: Professor Doutor em Ecologia e Recursos Naturais, Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais, Núcleo de Bacia Hidrográfica, Km 16 da rodovia Ilhéus-Itabuna, Salobrinho, Ilhéus-BA. depaula@uesc.br

³ Graduado em Geografia, Mestre em Sistemas Aquáticos Tropicais, pesquisador colaborador no Instituto de Estudos Socioambientais do Sul da Bahia (IESB), Rua Araújo Pinho, nº 72, 3º andar, Centro, Ilhéus-BA. cezarfalcaof@gmail.com

de quilômetros a montante, para garantir os deflúvios e também como fator de redução de carga de material em suspensão transportado. Estas iniciativas se estruturam dentro do princípio de Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA) e, no tocante aos recursos hídricos, em torno de 40 iniciativas foram catalogadas no Brasil, nos chamados PSA-Águas (Guedes & Seehusen, 2011). O acompanhamento da eficiência de tais programas sempre se apresenta na forma de monitoramento da preservação de uma área determinada em contrato, porém não se estende ao monitoramento dos volumes produzidos e de sua qualidade associada.

Os volumes e as características hidroquímicas de água produzidos por áreas com cobertura vegetal preservada, são o resultado da interação de um conjunto de fatores que incluem clima, solo, relevo, geologia e vegetação da bacia hidrográfica, ou seja, seus condicionantes naturais. Áreas com estas características são as que detêm melhor qualidade para finalidade de uso doméstico. A busca em trabalhos de campo é a obtenção de índices de qualidade de água que reflitam resumidamente e objetivamente as alterações, com ênfase para possíveis intervenções humanas, como o uso agrícola, urbano e industrial, conforme destacam Couillard & Lefebvre (1985).

Vale ressaltar que quando o termo "qualidade de água" é utilizado, se faz necessário compreender que esse termo não se refere propriamente a um estado de pureza da água, mas relaciona-se às características químicas, físicas e biológicas, e, conforme essas características são observadas, são estipuladas diferentes finalidades para a água. De acordo com Sopper (1975) nas bacias com cobertura florestal, a vegetação promove a proteção contra a erosão dos solos, a sedimentação, a lixiviação excessiva de nutrientes e a elevação da temperatura da água.

O presente artigo avalia a quantidade e a qualidade da água produzida no interior de uma Unidade de Conservação, visando caracterizar tais grandezas quando associadas a paisagens preservadas da região Sul do Estado da Bahia. Tais informações podem servir de subsídios ao monitoramento de PSA e igualmente para pesquisas acadêmicas sobre taxas de denudação e fluxo de material fluvial na região.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

A região Sul do Estado da Bahia apresenta os maiores estandes de áreas preservadas dos Domínios da Mata Atlântica no NE Brasileiro. O Parque Nacional (PARNA) da Serra das Lontras, criado em 11 de junho de 2010, está localizado entre as coordenadas geográficas 15°4' e 15°14'S e 39°16' e 39°25'W, ocupando uma área aproximada de 114 km², entre os municípios de Buerarema, São José da Vitória, Arataca e Una (figura 1). Esta área abrange florestas de baixada e de montanha, de grande importância ecológica devido ao elevado endemismo de fauna e flora. O Parque serve como mini-corredor ecológico, com a finalidade de proteger a Mata Atlântica e a biodiversidade local, bem como uma densa rede de drenagem de parte da região de cabeceiras da bacia hidrográfica do Rio Una.

A tipologia climática da área, definida pela classificação de Koppen, é do tipo Af (Tropical Quente-Úmido sem estação seca definida), com precipitação anual em torno de 2.000 mm e temperatura média de 23° C (SEI, 1999).

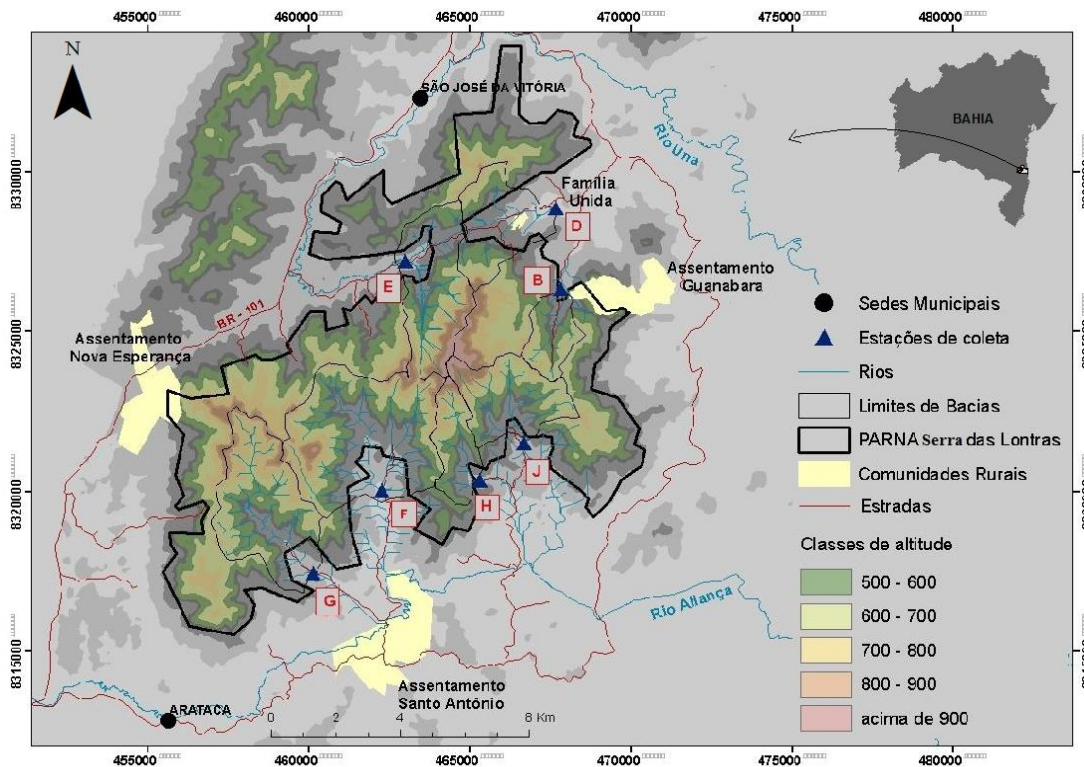


Figura 1: Mapa de localização e Hipsometria do Parque Nacional de Serra das Lontras, das microbacias hidrográficas, e seus respectivos pontos de amostragem.

Quanto às características fisiográficas da área, todas as microbacias estudadas estão inseridas no embasamento cristalino, representado neste trecho pelas rochas ortognáissicas do complexo Buerarema, com sistemas aquíferos fissurais pertencentes à Província Hidrogeológica do Escudo Oriental nos Domínios do Cristalino (CPRM, 2004). Os solos são predominantemente representados por Latossolos profundos, porosos e bem drenados nas partes mais baixas e solos pouco desenvolvidos (Litólicos) ocupando áreas de relevo acidentado com vertentes íngremes e vales suspensos, tornando propícia a manutenção da exuberante floresta de Mata Atlântica localizada na região. Todas estas características estão vinculadas à unidade geomorfológica de mares de morro, tendo em seu conjunto, colinas, morros e serras, com uma altitude aproximada em seu ponto mais alto de 1.000 metros, e em áreas mais baixas, como os fundos de vale, uma altitude de 150 metros, conforme descrito por Nacif *et. al.* (2009). Os limites do Parque propriamente dito são definidos a partir da cota de 400 metros de altitude.

2.2 Quantidade e Qualidade de Água

Inicialmente foram realizadas análises e interpretações da área do Parque, utilizando as ferramentas do ambiente SIG a partir de imagens de satélite SPOT, quando se definiu a localização das estações amostrais e a realização dos procedimentos de calibração das técnicas de coletas e análises, na sequência foram iniciadas campanhas de campo cobrindo o período entre abril/2012 e janeiro/2013. As microbacias foram escolhidas por representarem cursos de água com nascentes dentro da área do Parque, sendo os pontos de coleta localizados o mais próximo possível dos limites do mesmo. A Tabela 1 apresenta um sumário destas microbacias, sendo todas de terceira a quarta ordem em hierarquia fluvial, na escala aproximada de 1:25.000, típicas de regiões de cabeceiras,

com vales encaixados e declividade média entre 20 e 27%, dentro do limite inferior da classe de relevo forte ondulado, de acordo com a classificação adotada pela EMBRAPA (1999).

Tabela 1 – Microbacias amostradas

Código	Nome	Área (ha)	% Cobertura vegetal
B	Palmeiras	326	97
D	Caveira	714	99
E	Una	924	91
F	Sto. Antônio	1.746	93
G	Pratinha	1.184	96
H	Javizinho	403	99
J	Javi	706	97

Para a determinação da vazão fluvial, foi empregado o método da área *versus* velocidade. A área da secção fluvial determinada, medindo-se a largura total do rio neste ponto e a profundidade medida em diferentes pontos, ao longo desta transversal, utilizando-se trenas e réguas. A determinação das velocidades foi obtida utilizando-se um medidor de fluxo, modelo *Global Water* FP101. Os parâmetros hidroquímicos estudados foram pH, temperatura, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica, todos estes adquiridos através do multiparâmetro YSI 556, usado *in situ* nas campanhas de campo. A determinação do material particulado em suspensão (MPS) foi realizada pelo método gravimétrico, segundo proposto por Strickland & Parsons (1972), utilizando filtros de 0,7 µm de porosidade.

3. RESULTADOS

A Figura 2 apresenta as vazões registradas ao longo do período de coletas. É possível separar momentos distintos da hidrografia dos córregos amostrados, um período de maiores vazões, concentrado nos meses do meio do ano, e outro mais seco nas primeiras e últimas campanhas. Apesar do reduzido número de idas ao campo, ainda sim podemos considerar que reunimos dados que contemplam as diferentes características hidroquímicas que estão associadas às variações sazonais.

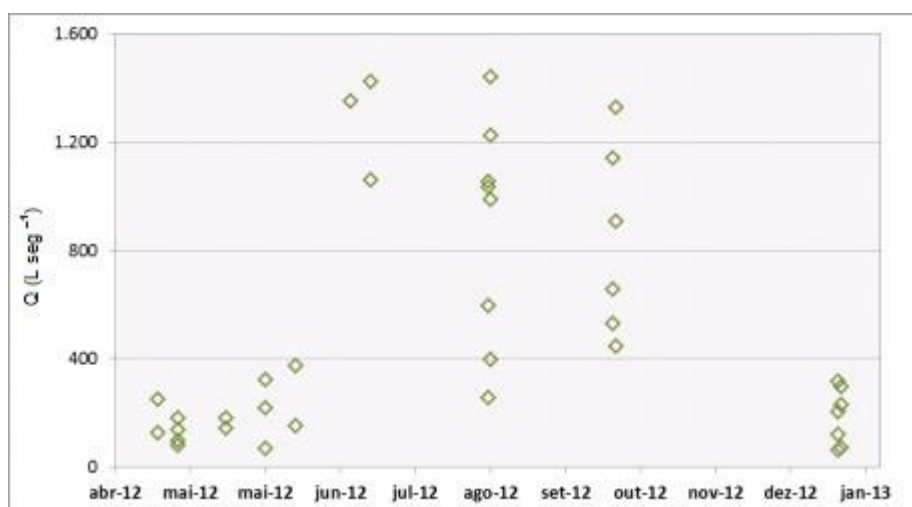


Figura 2: Vazões ($L \text{ seg}^{-1}$) registradas ao longo do período de coletas nos córregos efluentes do PARNA Serra das Lontras, Sul da Bahia.

A faixa de valores de vazão e correspondente produção de água, registrados nas microbacias monitoradas, estão apresentadas na Tabela 2. São valores dentro da faixa registrada em bacias hidrográficas dos Domínios da Mata Atlântica com cobertura florestal preservada, segundo Donato *et al.* (2007), Forti *et al.* (2007) e Junqueira *et al.* (2007), as quais se caracterizam por elevado rendimento hídrico e vazões estáveis ao longo do ano.

Tabela 2: Faixa de variação dos valores de vazão e produção de água, registrados nos córregos efluentes do PARNA Serra das Lontras, Sul da Bahia.

Rio	Menor Vazão (L seg ⁻¹)	Maior Vazão (L seg ⁻¹)	Menor Produção (L seg ⁻¹ ha ⁻¹)	Maior Produção (L seg ⁻¹ ha ⁻¹)
B	68 (maio)	447 (outubro)	0,2	1,4
D	220 (maio)	1.330 (outubro)	0,3	1,9
E	80 (maio)	1.353 (julho)	0,1	1,5
F	143 (maio)	1.310 (agosto)	0,1	0,8
G	180 (maio)	1.443 (agosto)	0,2	1,2
H	154 (junho)	529 (outubro)	0,3	1,3
J	127 (abril)	1.225 (agosto)	0,2	1,7
Total	972	7.637	0,2	1,3

Da área total das microbacias monitoradas, 6.000 ha, registramos uma vazão mínima total de 972 L seg⁻¹, o que representa, no mínimo, 84.000 m³ de água por dia. Estes volumes calculados devem ser considerados como uma avaliação conservadora do total de água produzida pelo Parque, pois o período coberto pelas coletas apresentou baixas precipitações quando comparadas às normais mensais. Por exemplo, no vizinho município de Una, para o qual existem séries históricas mais longas, observamos que o total precipitado neste período foi de 916 mm, que contrastam com os 1.175 mm esperados segundo dados acumulados de 1964 a 1983 (SEI, 1999). Igualmente deve ser considerado que restrições resultantes da escala na qual foi realizado o trabalho, resultaram na cobertura de pouco mais da metade dos 11.400 ha da área total do Parque.

Considerando os diversos usos da água identificados nas cercanias do Parque, o abastecimento para consumo humano, considerado o mais nobre dos usos possíveis da água, deve-se destacar que, além da captação direta realizada pela população residente nas áreas rurais em todas as microbacias amostradas, a microbacia do rio Una (Ponto E) é o manancial utilizado pela Empresa Baiana de Águas e Saneamento (EMBASA) para o abastecimento das cidades de São José da Vitória e Buerarema, com respectivamente 5.162 e 15.277 habitantes na área urbana (IBGE, 2010), utilizando uma barragem de nível. Da área deste córrego contida no Parque (924 ha), registramos uma vazão mínima de 80 L seg⁻¹, o que se traduz em 6.912.000 litros de água por dia, o que seria suficiente para atender as necessidades de até 46.000 pessoas, tomando por base um consumo de 150 L hab⁻¹ dia⁻¹.

Além dos significativos volumes disponíveis, estas águas apresentam excelente qualidade, principalmente no aspecto das baixas concentrações de MPS, entre um mínimo de 1,7 e um máximo de 9,4 mg L⁻¹, o que se traduz em menor custo no processo de tratamento antes da distribuição. Assim, fica patente a dimensão do serviço ambiental prestado pelo Parque no fornecimento de água em quantidade e qualidade adequadas para o atendimento das demandas hídricas presentes.

Os parâmetros físico-químicos obtidos são característicos de rios presentes nos Domínios da Mata Atlântica, de acordo com os trabalhos realizados por Paula & Mozeto (2001), Andrade, et. al. (2010), Paula et. al. (2012) e Souza & Paula (2013). O relevo acidentado favorece a existência de cachoeiras e corredeiras, resultando em águas bem oxigenadas, ligeiramente ácidas pela presença de

ácidos orgânicos derivados da lixiviação da serapilheira e com baixa salinidade, representada pela condutividade elétrica, devido à característica climática deste Domínio, com excedente hídrico ao longo de todo o ano. Também devido ao excelente estado da cobertura vegetal os rios apresentam-se bastante cristalinos, com baixas concentrações de MPS.

Comparando resultados dos pontos de coleta visitados em ambos os períodos (Tabela 3), podemos observar o efeito dos períodos chuvosos sobre a dinâmica da hidroquímica fluvial. O efeito do carreamento de ácidos orgânicos presentes na serapilheira durante os períodos de maiores precipitações se refletiu na redução dos valores de pH nos rios amostrados durante as cheias, sendo o aumento do caudal fluvial também responsável pelo incremento na oxigenação observada nestas águas. A condutividade elétrica é menor nos períodos de cheia pelo simples efeito de diluição causado por maiores volumes de água disponíveis, assim como o aumento da carga de MPS é maior nesta fase, por refletir o efeito do aumento da lixiviação a que fica submetida a bacia de drenagem, durante os eventos de precipitação.

Tabela 3: Comparação da hidroquímica fluvial entre diferentes regimes de vazão nos córregos efluentes do PARNA Serra das Lontras, Sul da Bahia.

Ponto		Q (L seg ⁻¹)	TEMP	pH	OD (%)	C. E. (μS cm ⁻¹)	MPS (mg L ⁻¹)
B	seca	68	22,4	6,58	96	37	1,0
	cheia	447	21,2	5,91	103	33	4,6
D	seca	188	25,4	6,80	110	32	0,8
	cheia	1.330	21,2	5,51	102	28	4,1
E	seca	80	24,6	6,80	95	45	2,0
	cheia	1.353	20,1	6,29	103	31	9,4
F	seca	143	22,0	6,43	97	31	1,7
	cheia	1.060	20,8	6,02	103	27	2,2
G	seca	180	22,3	6,59	95	35	2,1
	cheia	1.426	21,3	6,04	101	30	3,5
H	seca	120	23,3	7,51	120	32	0,3
	cheia	529	21,4	5,71	100	27	12,9
J	seca	204	23,2	7,79	92	30	1,0
	cheia	1.225	20,0	6,38	97	27	0,4

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados reunidos sobre a quantidade e a qualidade das águas dos córregos efluentes da área do PARNA Serra das Lontras no período estudado, comprovam o papel desempenhado por áreas preservadas. As características hidroquímicas das águas analisadas refletem a interação de processos naturais, sem interferência antrópica digna de nota, sendo águas de baixíssima salinidade, bem oxigenadas, ligeiramente ácidas e bastante cristalinas, devido à proteção promovida pela presença da floresta, a qual minimiza a ocorrência de processos erosivos. Pode-se afirmar que cada hectare de área preservada na região Sul da Bahia, produz no mínimo 14.000 litros de água por dia.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao financiamento e apoio para a realização deste trabalho, promovido pela Fundação Boticário para a Preservação da Natureza (FBCN), pela Conservation International do Brasil (CI-Brasil), pela Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e pelo CNPq, através do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia TMCOcean.

6 - REFERÊNCIAS

ANA. (2011). *Agência Nacional de Águas*. Programa produtor de Água. Brasília. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/produagua>>. Acesso em: 15 de Agosto 2012.

ANDRADE, T.M.B.; CAMARGO, P.B.; SILVA, D.M.L.; PICCOLO, M.C.; VIEIRA, S.A.; ALVES, L.F.; JOLY, C.A. & MARTINELLI, L.A. (2010). Dynamics of dissolved forms of carbon and inorganic nitrogen in small watersheds of the Coastal Atlantic Forest in Southeast Brazil. *Water Air Soil Pollut.* 214: p. 393–408.

ARCOVA, V.; CICCIO, F. (1999). Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha, Estado de São Paulo. *Scientia Forestalis*.

COUILLARD, D.; LEFEBVRE, Y. (1985). Analysis of water quality indices. *Journal of Environmental Management*, v.21, p.161-179.

CPRM. (2004). *Serviço Geológico do Brasil*. Mapa de Domínios e Subdomínios Hidrogeológicos do Brasil, escala 1:2.500.000. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/>>. Acesso em: 25 de Agosto de 2013.

DONATO, C.F.; RANZINI, M.; CICCIO, V.; ARCOVA, F.C.S. & SOUZA, L.F.S. (2007). Balanço de massa em microbacia experimental com Mata Atlântica, na Serra do Mar, Cunha SP. *IF Sér. Reg.*, São Paulo, n. 31, p. 241-246.

EMBRAPA. (1999). Centro Nacional de Pesquisas de Solo. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília, 412p.

FORTI, M.C.; BOUROTTE, C.; CICCIO, V.; ARCOVA, F.C.S. & RANZINI, M. (2007). Fluxes of solute in two catchments with contrasting deposition loads in Atlantic Forest (Serra do Mar/SP-Brazil). *Applied Geochemistry* 22: p.1149–1156.

GUEDES, F.B.; SEEHUSEN, E. (2011). O PSA na Mata Atlântica – Situação Atual, Desafios e Recomendações. In: *Pagamentos por Serviços Ambientais na Mata Atlântica: lições aprendidas e desafios*. Org. por GUEDES, F.B.; SEEHUSEN, E. MMA, Brasília. p. 225-249.

IBGE. *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. (2010). Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 de agosto de 2012.

JUNQUEIRA, J.A.; MELLO, C.R.; SILVA, A.M. & PINTO, D.B.F. (2007). Comportamento hidrológico de duas nascentes associadas ao uso do solo numa sub-bacia hidrográfica de cabeceira. In *Anais do I Simpósio de Recursos Hídricos do Norte e Centro-Oeste*. ABRH, Cuiabá.

NACIF, P.G.S.; COSTA, O.V.; ARAÚJO, M. e SANTOS, P.S. (2009). Geomorfodinâmica da Região do Complexo de Serras das Lontras. pp. 9–14 In: *SAVE Brasil, IESB e BirdLife International*.

NAGY, S. (1988). Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco. *Água: determinação de parâmetros que afetam a sua qualidade*. Brasília: CODEVASF, 52p.

PAULA, F.C.F.; SILVA, D.M.L & SOUZA, C.M. (2012). Tipologias Hidroquímicas das Bacias Hidrográficas do Leste da Bahia. *Revista Virtual de Química*, 4 (4), p. 365-373.

PAULA, F.C.F.; MOZETO, A. A. (2001). Biogeochemical evolution of trace elements in a pristine watershed in the Brazilian southeastern coast region. *Applied Geochemistry* 16: p.1139-1151.

SEI. (1999). *Superintendência de Estudos Sociais e Econômicos*. Balanço hídrico do estado da Bahia. Salvador, 250p.

SOPPER, W.E. (1975). Effects of timber harvesting and related management practices on water quality in forested watersheds. *Journal of environmental quality*. v.3, n.1, p.24-29.

SOUZA, E.R.S.; PAULA, F.C.F. Spatial and Temporal Hydrochemical Variation of a Third Order River Network in a Quasi Pristine Coastal Watershed, at Southern Bahia, Brazil. In *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. No prelo.

STRICKLAND, J. D. H; PARSONS, T. R. (1972). A practical handbook of seawater analysis. Ottawa. *Fisheries Research Board of Canada, Bull.* 167p.