

## Artigo

**Tipologias Hidroquímicas das Bacias Hidrográficas do Leste da Bahia****de Paula, F. C. F.;\* Silva, D. M. L.; Souza, C. M.***Rev. Virtual Quim.*, 2012, 4 (4), 365-373. Data de publicação na Web: 28 de abril de 2012<http://www.uff.br/rvq>**Fluvial Hydrochemistry at East Bahia Watersheds**

**Abstract:** The huge hydrochemical rivers typologies result from the interactions of natural physiographic aspects and the land uses at the watersheds. At the Southern State of Bahia, a group of small watersheds presents different natural landscapes and anthropic activities, which impose the existence of diverse hydrochemical signatures at the rivers basin of that area.

**Keywords:** Salinity; suspended solids; dissolved nutrients.

**Resumo**

A grande diversidade de tipos hidroquímicos das bacias hidrográficas é resultado da interação entre condicionantes naturais e dos usos da terra presentes em sua área de captação. Na região litoral sul da Bahia, um grupo de pequenas bacias apresenta características fisiográficas e de atividade antrópica bastante diversificadas, as quais impõem uma assinatura também diversificada aos corpos hídricos da região.

**Palavras-chave:** Salinidade; sólidos em suspensão; nutrientes dissolvidos.

\* Universidade Estadual de Santa Cruz, Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais, Rod. Ilhéus-Itabuna, km 16. CEP 45662-900, Salobrinho, Ilhéus, Bahia, Brasil.

✉ [depaula@uesc.br](mailto:depaula@uesc.br)

DOI: [10.5935/1984-6835.20120028](https://doi.org/10.5935/1984-6835.20120028)

## Tipologias Hidroquímicas das Bacias Hidrográficas do Leste da Bahia

Francisco C. F. de Paula,<sup>a,\*</sup> Daniela M. L. da Silva,<sup>b</sup> Cristiano M. Souza<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Universidade Estadual de Santa Cruz, Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais, Rod. Ilhéus-Itabuna, km 16. CEP 45662-900, Salobrinho, Ilhéus, Bahia, Brasil.

<sup>b</sup>Universidade Estadual de Santa Cruz, Departamento de Ciências Biológicas, Rod. Ilhéus-Itabuna, km 16, CEP 45662-900, Salobrinho, Ilhéus, Bahia, Brasil.

<sup>c</sup>Universidade Estadual de Santa Cruz, Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais, Rod. Ilhéus-Itabuna, km 16, CEP 45662-900, Salobrinho, Ilhéus, Bahia, Brasil.

\* [depaula@uesc.br](mailto:depaula@uesc.br)

*Recebido em 1 de fevereiro de 2012. Aceito para publicação em 14 de abril de 2012*

1. Hidroquímica fluvial
2. Bacias hidrográficas do litoral sul da Bahia
3. Rede hidrográfica das BHL
4. Hidroquímica regional
  - 4.1. Hidroquímica regional associada à condicionantes naturais
  - 4.2. Hidroquímica regional associada aos usos da terra
5. Conclusões

### 1. Hidroquímica fluvial

---

A hidroquímica fluvial abrange um amplo leque de tipologias, com variações de mais de três ordens de grandeza quando se compara, por exemplo, as concentrações de elementos maiores ou mesmo de elementos-traço.<sup>1</sup> Igualmente variadas são as taxas de deflúvios anuais, com conseqüente diversidade nos fluxos de elementos e substâncias. Tal diversidade, entretanto, é controlada essencialmente pelas interações entre quatro condicionantes naturais, aos quais se somam as modificações impostas pela atividade antrópica.

Em bacias hidrográficas sob baixa pressão antrópica, os condicionantes naturais que controlam as vazões e a química das águas fluviais são a geologia, o clima, o relevo e a cobertura vegetal.<sup>2</sup> Estes fatores atuam em conjunto e irão determinar a dinâmica hidrológica (os períodos de seca e cheia do

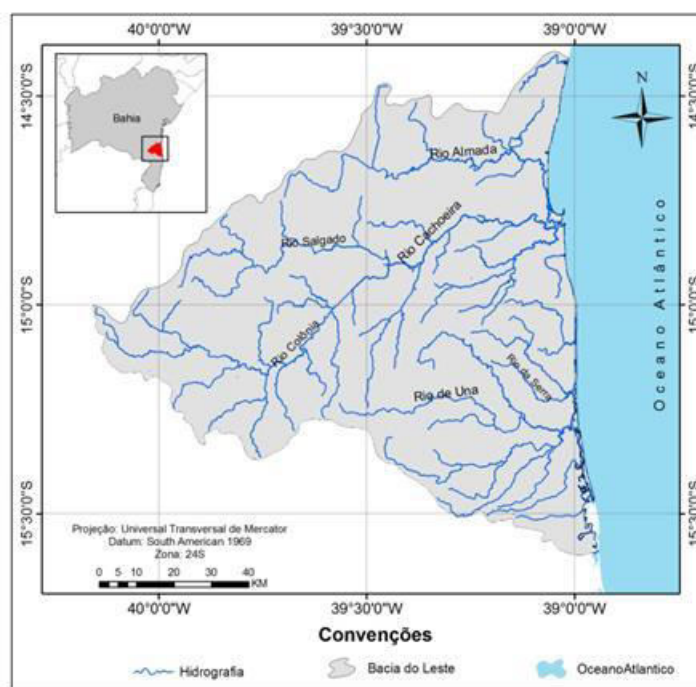
rio), e a dinâmica hidroquímica (as variações sazonais e espaciais, nas concentrações de elementos e substâncias dissolvidas e particuladas), do ambiente fluvial e estuarino da bacia. Entretanto, a atividade humana assume tal magnitude que caracterizaria o que já é chamado de Antropoceno<sup>3</sup>, quando a humanidade passa a ser considerada também um agente geológico, ao modificar ciclos globais de elementos.

### 2. As bacias hidrográficas do leste da Bahia

---

No litoral sul da Bahia, a região denominada Bacias Hidrográficas do Leste (BHL) (Figura 1), apesar de representar um pequeno território, pouco mais de 9.000 km<sup>2</sup>, abriga uma multiplicidade de ambientes naturais e antrópicos, que oferecem a oportunidade

de acompanhar as diferentes tipologias fluviais presentes, à luz de sua fisiografia e usos da terra.



**Figura 1.** A região das Bacias Hidrográficas do Leste da Bahia

No contexto geológico, a região está inserida no Cráton do São Francisco, entidade tectônica estabilizada desde o Proterozóico Superior. O substrato geológico é formado por granulitos de idade Arquena, intrusões de rochas alcalinas, rochas sedimentares da bacia sedimentar Camamú-Almada e os sedimentos inconsolidados do Grupo Barreiras. Cada um destes litotipos apresenta assembléias mineralógicas específicas, que irão definir a disponibilidade de diferentes elementos químicos a serem liberados, a partir dos processos de intemperismo e erosão.

Na região estão localizadas, uma Reserva Biológica Federal (REBIO de Una), um Parque Nacional (PARNA da Serra das Lontras) e um Parque Estadual (PE da Serra do Condurú), atestando o excelente estado dos remanescentes do Domínio Mata Atlântica na área, pois estas são as categorias de Unidades de

Conservação mais restritivas quanto ao grau de preservação dos ecossistemas presentes.<sup>4</sup>

Tais remanescentes estão submetidos ao tipo climático Af na classificação de Köppen, com características de tropical quente e úmido, sem estação seca definida. Outrossim, a menos de 50 km do litoral existe uma depressão, denominada Depressão Itabuna-Itapetinga, a qual controla a ocorrência do tipo climático, Aw, sub-úmido a seco, registrando déficit hídrico anual que atinge 300 mm, que contrastam com os mais de 700 mm de excedente, junto ao litoral.<sup>5</sup> A Figura 2 mostra uma imagem de satélite da área das BHL, podendo ser observada a Depressão Itabuna-Itapetinga, na mancha de cor mais clara na parte central, as áreas ocupadas por pastagens em verde mais claro e as áreas de florestas ombrófilas a nordeste e sudeste, em verde escuro.



**Figura 2.** Imagem LANDSAT TM5 das BHL

Os usos da terra também apresentam aspectos bastante diversificados. Por um lado 19 municípios de pequeno porte com características eminentemente rurais, de outro Itabuna e Ilhéus, a quinta e sétima maiores cidades da Bahia com, respectivamente, 202.000 e 177.000 habitantes<sup>6</sup> e que experimentam progressivo crescimento urbano e industrial, este com menor intensidade. A atividade agrícola, além dos cultivos de subsistência usuais, é polarizada pelo secular cultivo de cacau sombreado (*Cabruca*) nas áreas de Mata Atlântica e, na Depressão Itabuna-Itapetinga, pecuária extensiva a partir da segunda metade do século passado.

Associados a estas bacias hidrográficas estão os estuários e região costeira adjacente. Os estuários das BHL estão, de maneira geral, em excelente estado de conservação, sendo áreas de restinga e estandes de manguezais amplamente disseminados. Apenas na área urbana de Ilhéus, estes ecossistemas já foram urbanizados ou estão sob forte pressão de ocupação.

### 3. Rede hidrográfica das BHL

A maior bacia hidrográfica das BHL é a bacia do rio Cachoeira (4.500 km<sup>2</sup>), formado pela união dos rios Colônia e Salgado. Estes têm suas nascentes nos contrafortes da Depressão Itabuna-Itapetinga, atravessam o trecho subúmido e se encontram já no início do trecho mais úmido da região, quando passa a ser denominado de rio Cachoeira. Os dados hidrológicos disponíveis apontam vazões médias

anuais características da ordem de 24,0 m<sup>3</sup> seg<sup>-1</sup> na estação fluviométrica mais a jusante da bacia.<sup>7</sup>

O rio Almada ocupa uma área de 1.500 km<sup>2</sup>, e após atravessar alguns pequenos municípios alcança o mar também na área metropolitana de Ilhéus. Seu rendimento dos deflúvios é de aproximadamente 35% da precipitação, com vazões médias anuais características da ordem de 19 m<sup>3</sup> seg<sup>-1</sup>.<sup>7</sup>

O rio Una, com 1.700 km<sup>2</sup>, ocupa a porção sul e está inteiramente contido nos Domínios da Mata Atlântica, possuindo um caráter tipicamente rural no uso da terra, tendo apenas a pequena cidade de Una com 24.000 habitantes<sup>5</sup>, em seu curso médio, e restingas e manguezais pouco impactados em seu estuário. Esta bacia é a mais deficiente quanto aos dados disponíveis, não possuindo inclusive nenhuma estação fluviométrica em operação. Uma estimativa de seus deflúvios, realizada a partir da regionalização das vazões de bacias vizinhas, aponta valores de vazão média anual de 16 m<sup>3</sup> seg<sup>-1</sup>.<sup>7</sup>

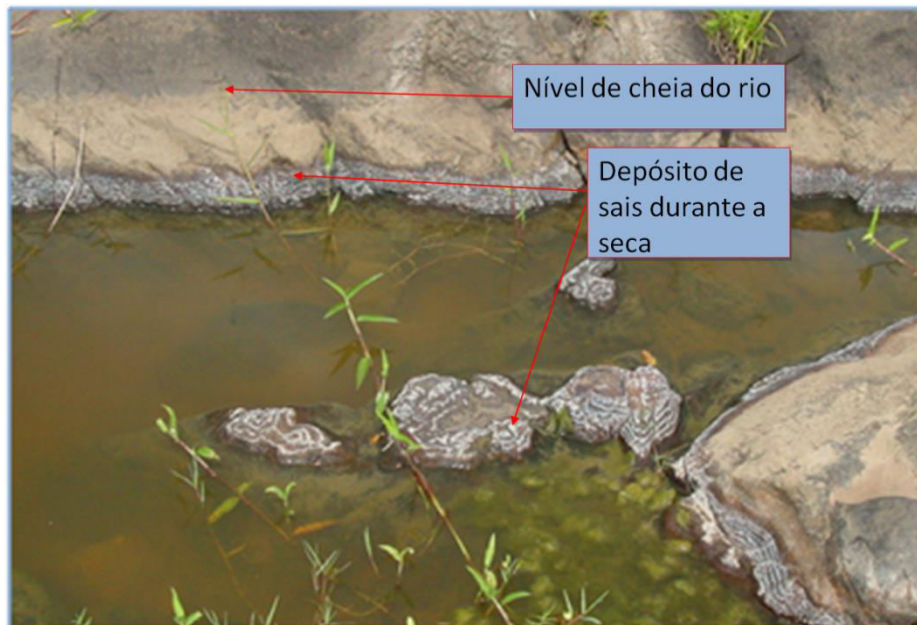
### 4. Hidroquímica fluvial

#### 4.1. Hidroquímica regional associada à condicionantes naturais

Nas cabeceiras da bacia do rio Cachoeira, o substrato geológico formado por granulitos e o clima mais úmido devido ao efeito orográfico, resultam em águas com baixa salinidade as quais experimentam

incrementos de valores à medida que os rios Colônia e Salgado atravessam o trecho de clima Aw (Figura 3). Nesta região a condutividade elétrica, uma variável positivamente correlacionada à presença de sais dissolvidos, atinge valores de mais de  $1.000 \mu\text{S cm}^{-1}$ , alguns tributários deste trecho mais de  $4.000 \mu\text{S cm}^{-1}$ ,

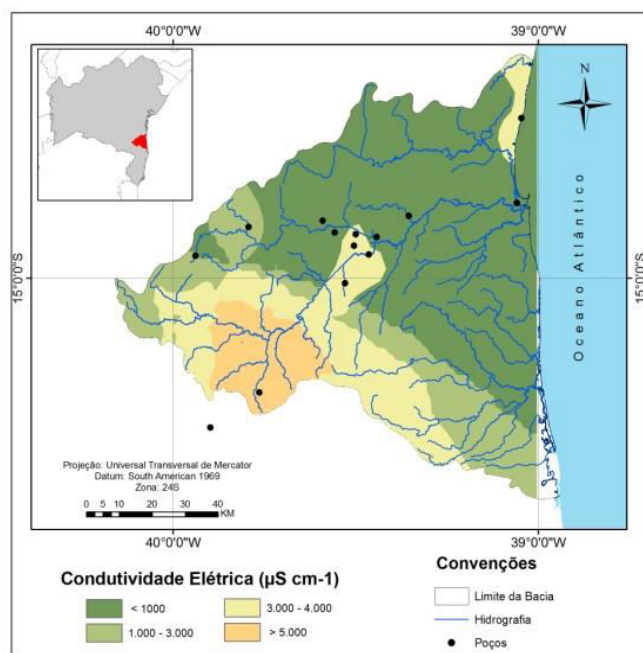
devido à ocorrência de longos períodos de déficit hídrico, que induz a aumento da salinidade, aliada à presença de intrusões de rochas alcalinas (sienitos),<sup>8</sup> usualmente enriquecidos em K e Na (ver NOTA ao final das Referências).



**Figura 1.** Depósitos de sais às margens do rio Salgado durante período de baixas vazões

O efeito da geologia e do clima pode se refletir claramente na hidrogeologia da região, representada na Figura 4, construída utilizando técnicas de interpolação no ambiente de Sistemas de Informações Geográficas, através da ferramenta Kriging do software Arcgis 9.3. Esta Figura apresenta os valores de condutividade elétrica medida nas águas de 18 poços da região, monitorados pela Cia Baiana de Engenharia Rural (CERB). Pode ser observada a ocorrência de maiores salinidades nos aquíferos que

ocorrem justamente na Depressão Itabuna-Itapetinga (comparar com a Figura 2) e que possuem rochas alcalinas como hospedeiras destas águas. Estes valores permanecem elevados até o estuário do rio Cachoeira, mesmo ao atravessar o trecho mais úmido da bacia, onde seria de se esperar redução na salinidade pela ausência de déficit hídrico e também por ser predominantemente ocupada por rochas granulíticas.



**Figura 4.** Condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) nos lençóis freáticos das BHL

O rio Almada embora possua suas cabeceiras situadas em regiões de clima Aw, a maior parte da bacia ocupa terrenos sem ocorrência de déficit hídricos significativos, e este padrão é aquele que predomina até sua porção final, com condutividade elétrica usualmente menor que  $100 \mu\text{S cm}^{-1}$ .<sup>9</sup> Mesmo a ocorrência de rochas alcalinas não modifica este padrão, pois estas estão situadas na porção mais úmida da bacia, com um perfil constantemente lixiviado, sem acúmulo de sais.

Na bacia do rio Una também não ocorrem períodos de déficit hídrico e o substrato geológico é formado exclusivamente por granulitos e sedimentos da Formação Barreiras, ambos com baixa concentração de eletrólitos dissolvidos. Os dados de condutividade elétrica do rio da Serra, uma sub-bacia do rio Una, apresentam os menores valores dentre as bacias estudadas, entre  $37$  e  $51 \mu\text{S cm}^{-1}$ ,<sup>10</sup> representando uma região com perfil permanentemente lixiviado e onde clima e geologia concorrem para a existência de águas de baixíssima salinidade.

#### 4.2. Hidroquímica regional associada aos usos da terra

As bacias submetidas a atividades antrópicas apresentam, via de regra, aumentos nas concentrações de material particulado em suspensão (MPS) e nutrientes, controlados respectivamente pelo uso agrícola e presença de núcleos urbanos. Do ponto

de vista da pressão de uso antrópico, as características das BHL podem ser sumarizadas da seguinte forma: a bacia do Rio Cachoeira submetida à maior pressão urbana e agrícola, principalmente pela presença das cidades de Itabuna e Ilhéus e também pelo predomínio de pastagens em substituição à vegetação original nas suas bacias formadoras, rios Colônia e Salgado (vide Figura 2); a bacia do Rio Almada em grau intermediário de preservação, com apenas pequenas cidades e parte de sua região de cabeceiras ocupadas por pastagens; a bacia do rio Una com cobertura vegetal preservada, sem presença de pecuária e apenas quatro pequenas cidades, representando a bacia hidrográfica sob menor pressão de uso.

As bacias em melhor estágio de preservação são representadas principalmente por microbacias que drenam diretamente para o oceano e sujeitas a uma constante lixiviação de seu perfil, por conta da precipitação intensa e igualmente distribuída ao longo do ano. Disto resulta em elevadas concentrações de ácidos orgânicos dissolvidos, oriundo da abundante produtividade de matéria orgânica na floresta ombrófila densa, baixas concentrações de sais, devido à ausência de déficit hídrico, e MPS, este reduzido devido à proteção promovida pela cobertura vegetal. O Rio da Serra, por exemplo, tem sua região de cabeceiras na REBIO de UNA e possui em seu trecho final e estuarino, apenas pequenas propriedades rurais. Suas águas são moderadamente ácidas (pH entre 4,4 a 6,3) e apresentam também baixas concentrações de MPS, sempre inferior a  $5 \text{ mg L}^{-1}$  principalmente nas cabeceiras. No Rio da Serra a

fração inorgânica dissolvida de nutrientes, usualmente utilizada como indicativa de impacto antrópico, apresenta baixas concentrações (Quadro 1). Confirmando estas assertivas, as concentrações de clorofila-a (entre 1,0 e 4,5  $\mu\text{g L}^{-1}$ )<sup>10</sup> caracterizam uma bacia sob baixa pressão antrópica e condições oligo a eutróficas, conforme índice preconizado para rios em SP.<sup>11</sup>

Na bacia do rio Almada estão localizadas as sedes de cinco pequenos municípios, porém os efeitos de lançamentos de efluentes urbanos, não se manifestam de forma tão acentuada como no rio Cachoeira, devido ao pequeno porte destas cidades, cujos efluentes são depurados caudal fluvial. Ao longo do rio, são registrados valores de nitrato variando entre n.d. e 21  $\mu\text{M}$ , fosfato entre 6 e 9  $\mu\text{M}$  e amônio entre n.d. e 28  $\mu\text{M}$ .<sup>9</sup> A concentração de MPS apresenta picos com mais de 100  $\text{mg L}^{-1}$ , sendo o valor médio, 10  $\text{mg L}^{-1}$ ,<sup>9</sup> quase o dobro do registrado no rio da Serra (Quadro 1).

Na bacia hidrográfica do rio Cachoeira estão localizadas as cidades de Itabuna e Ilhéus, estando nesta última a sua porção estuarina. Uma das

principais assinaturas hidroquímicas associadas a núcleos urbanos é representada pelo aumento nas concentrações de nutrientes, por exemplo, fósforo e nitrogênio, resultante do lançamento de esgotos domésticos sem prévio tratamento. Ao longo do rio, são registrados valores de nitrato variando entre 37 e 132  $\mu\text{M}$ , fosfato entre 9 e 39  $\mu\text{M}$  e amônio entre n.d. e 21  $\mu\text{M}$ .<sup>12</sup>

Embora este impacto seja registrado nas áreas urbanas da bacia do rio Cachoeira, na verdade a pecuária desenvolvida a montante, também é responsável por concentrações elevadas destes elementos nesta bacia (Quadro 1), assim como estimadas para outras bacias do NE brasileiro.<sup>13</sup>

Grandes bancos de macrófitas flutuantes, tais como as espécies *Eichhornia crassipes*, *Pistia sp* e *Salvinia sp*, típicos de bacias eutrofizadas, servem como testemunho visual deste processo (Figura 5). Nesta bacia as concentrações médias anuais de MPS são as mais elevadas dentre as BHL, reflexo da pecuária dominante nos rios Colônia e Salgado, com médias anuais acima de 40  $\text{mg L}^{-1}$  a jusante de sua confluência.<sup>12</sup>



**Figura 5.** Macrófitas flutuantes no rio Cachoeira, na zona urbana de Itabuna

O Quadro 1 resume algumas características da hidroquímica fluvial, de bacias representativas de diferentes graus de pressão de uso antrópico, dentre as BHL. É notável o incremento de valores ao longo do gradiente de mudanças no uso da terra, seja pelo maior grau de desmatamento, representado pelo

MPS, ou no aumento da densidade populacional, representada pelo aumento das concentrações de nitrato e fosfato, já próximas a uma ordem de grandeza de diferença entre os casos extremos.

**Quadro 1.** Concentrações de MPS e nutrientes dissolvidos no último ponto fluvial a montante da porção estuarina em bacias selecionadas dentre as BHL. Valores médios anuais e desvio padrão. nd = não detectado

	Rio da Serra <sup>10</sup> (preservada) n = 6	Rio Almada <sup>9</sup> (médio impacto) n = 12	Rio Cachoeira <sup>12</sup> (maior pressão) n = 11
MPS (mg L <sup>-1</sup> )	6 ± 4	10 ± 14	42 ± 48
N-NO <sub>3</sub> (μM)	5 ± 2	14 ± 4	104 ± 68
N-NH <sub>4</sub> (μM)	n.d.	9 ± 14	11 ± 7
P-PO <sub>4</sub> (μM)	1,1 ± 0,2	6 ± 3	16 ± 8

## 5. Conclusões

Diferenças no substrato geológico, clima, relevo, cobertura vegetal e usos da terra atuam em conjunto na definição das diversas características hidroquímicas encontradas nas Bacias Hidrográficas do Leste da Bahia. Litologias, relevo e tipos climáticos diversos são responsáveis por diferenciação na concentração de sais dissolvidos. A existência de áreas preservadas e áreas com pecuária e núcleos urbanos, modificam os padrões naturais do MPS e também das formas dissolvidas de nitrogênio e fósforo.

NOTA: Sienitos são rochas ígneas com pouco quartzo e predominantemente constituídas de feldspatos alcalinos. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/museudpm/rochas/magmaticos/sienito.html>>. Acesso em: 26 abril 2012.

### Referências Bibliográficas

- Meybeck, M.; Helmer, R. *Global Planet Change* **1989**, *4*, 283. [CrossRef]
- Drever, J. I.; *The Geochemistry of Natural Waters*, 2a. ed., Prentice Hall: New Jersey, 1988.
- Crutzen, P. J. *Nature* **2002**, *415*, 23. [CrossRef]

<sup>4</sup> Sítio da Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC. Lei nº 9985 de 18 de julho de 2000. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm)> Acesso em: 28 abril 2011.

<sup>5</sup> Sítio da Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia-SEI. Série Estudos e Pesquisas 45. Balanço hídrico do estado da Bahia. Salvador, 1999. Disponível em: <[http://www.sei.ba.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=82%3Apublicacoes-da-sei&catid=47%3Aserie-estudos-e-pesquisas&Itemid=73](http://www.sei.ba.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=82%3Apublicacoes-da-sei&catid=47%3Aserie-estudos-e-pesquisas&Itemid=73)>. Acesso em: 28 abril 2011.

<sup>6</sup> Sítio do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível em: <[http://www.censo2010.ibge.gov.br/dados\\_divulgados/index.php?uf=29](http://www.censo2010.ibge.gov.br/dados_divulgados/index.php?uf=29)>. Acesso em: 28 abril 2011.

<sup>7</sup> Sítio da Superintendência dos Recursos Hídricos. Plano Diretor das Bacias Hidrográficas do Leste. Salvador. Disponível em: <<http://biblioteca.inga.ba.gov.br/phl82/img/arquivo/BACIA-DA-REGIAO-LESTE.pdf>>. Acesso em: 12 maio 2011.

<sup>8</sup> Santos, J. W. B.; Paula, F. C. F.; Rego, N. A. C. *Rev. Bras. Rec. Hidr.* **2008**, *13*, 217. [Link]

<sup>9</sup> Santana, L. M.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Estadual de Santa Cruz, Brasil, 2011.

<sup>10</sup> Souza, E. R. S.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Estadual de Santa Cruz, Brasil, 2009. [Link]



<sup>11</sup> Lamparelli, M. C.; *Tese de Doutorado*, Universidade Estadual de São Paulo, Brasil, 2004. [[Link](#)]

<sup>12</sup> Lucio, M. Z. T. Q. L.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Estadual de Santa Cruz, Brasil, 2010.

[[Link](#)]

<sup>13</sup> Paula, F. C. F.; Lacerda, L. D.; Marins, R. V.; Aguiar, J. E.; Ovalle, A. R. C.; Falcão Filho, C. A. T. *Quim. Nova* **2010**, 33, 70. [[CrossRef](#)]