

**Avaliação do potencial de uso da Biomassa seca de Aguapé (*Eichornia crassipes*) na descontaminação de soluções aquosas contendo nitrato e zinco**

ISSN  
1809-9475

*Assessment of potential use of water hyacinth (*Eichornia crassipes*) dry biomass in decontamination of aqueous solutions containing nitrate and zinc*

Artigo  
Original

Original  
Paper

<sup>1</sup> Bárbara Schelen Busatamante Domingos

<sup>1</sup> Laíz Marques da Costa

<sup>2</sup> Fabiana Soares dos Santos

<sup>3</sup> Ana Carolina Callegario Pereira

<sup>4</sup> André Marques dos Santos

Recebido em  
07/2013

Aprovado em  
12/2013

**Palavras-chave**

Contaminantes

Poluição hídrica

Remediação

**Resumo**

A contaminação da água consiste num grave problema ambiental e também à saúde humana. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência do uso da biomassa seca do aguapé na descontaminação de águas contaminadas por nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e zinco (Zn). Foi realizado um experimento avaliando o efeito da biomassa seca de aguapé na remoção desses elementos de uma solução contaminada. Os tratamentos consistiram em 5 doses de  $\text{NO}_3^-$  (3,3; 33; 100; 150 e 200mg L<sup>-1</sup>) e Zn (1,8; 18; 50; 79 e 105mg L<sup>-1</sup>), em dois tempos de coleta (1h e 72h). Os resultados obtidos sugerem que a biomassa seca do aguapé possui capacidade de remoção de  $\text{NO}_3^-$  e Zn de soluções contaminadas, sendo esta capacidade potencializada com o aumento do tempo de contato da biomassa com a solução.

**Abstract**

*Water contamination is a serious environmental problem and also to human health. The study aim to evaluate the efficiency of water hyacinth dry biomass in the water decontamination by nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) and zinc (Zn). We conducted a laboratory experiment that evaluated the effect of the water hyacinth dry biomass in removing these elements from a contaminated solution. The treatments consisted of five doses of  $\text{NO}_3^-$  (3.3; 33; 100; 150 e 200L<sup>-1</sup> mg) and Zn (1.8; 18; 50; 79 e 105L<sup>-1</sup>mg) at two sampling times (1h and 72h). The results suggested that the water hyacinth dry biomass is capable of removing  $\text{NO}_3^-$  and Zn contaminated solutions, which is enhanced with increasing contact time of biomass with the solution.*

**Keywords**

Contaminants

Water pollution

Remediation

1 Eng. Ambiental, Centro Universitário de Volta Redonda - UniFOA.

2 Profa. Adjunta, Departamento de Engenharia de Agronegócios, Universidade Federal Fluminense – UFF.

3 Profa. do Departamento de Formação Profissional do Centro de Tecnologias e Engenharias, Centro Universitário de Volta Redonda – UniFOA.

4 Prof. Adjunto, Departamento de Química, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ.

## 1. Introdução

A água é utilizada para diversas finalidades, como abastecimento de cidades e uso doméstico, geração de energia, irrigação, navegação entre outros. O desenvolvimento dos países normalmente é acompanhado pelo aumento populacional, crescimento e fortalecimento de indústrias, agricultura e outras atividades que consomem água. O lançamento desordenado de efluentes industriais não tratados em corpos d'água e a demanda das atividades agropecuárias têm provocado problemas ambientais com graves danos e riscos à saúde humana.

Oliveira *et al.* (2001) afirmaram que, dentre as várias formas de contaminação do meio ambiente resultante das diversas atividades industriais e agrícolas, a contaminação da água com metais pesados tem trazido mais preocupação aos pesquisadores e órgãos governamentais envolvidos no controle de poluição. Os metais pesados são considerados uma grande fonte de contaminação nos solos e água, pois são elementos estáveis no ambiente, não podendo ser degradados. Portanto, os estudos têm se concentrado no acúmulo dos mesmos no ambiente (Borges, 2007).

O zinco (Zn) é um elemento essencial para o crescimento vegetal (Marschner, 1995), porém, em concentrações acima de 5,0 mg L<sup>-1</sup>, confere sabor à água e uma certa opalescência a águas alcalinas. Os efeitos tóxicos do Zn sobre os peixes são muito conhecidos assim como sobre algas. Os padrões para águas reservadas ao abastecimento público indicam 5,0 mg L<sup>-1</sup> de Zn como valor máximo permissível (CETESB, 2010).

Das diversas formas de nitrogênio presentes na natureza, a amônia (NH<sub>3</sub>) e, em especial, o nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) são importantes no comprometimento da qualidade da água devido a sua capacidade de contaminação desse recurso. Embora a NH<sub>3</sub>, quando presente na água em altas concentrações, possa ser letal aos peixes por sua alta toxicidade, quando originada no solo ou aplicada via fertilizantes tende a ser rapidamente convertida a amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), e esse, por sua vez, é convertido em NO<sub>3</sub><sup>-</sup> pelo processo microbiano da nitrificação. Portanto, o NO<sub>3</sub><sup>-</sup> é a principal forma de nitrogênio associada à contaminação da água pelas atividades agropecuárias (Resende, 2002).

O nitrato é encontrado naturalmente em baixas concentrações na água e no solo. Porém,

essas concentrações podem ser alteradas devido ao uso intensivo de fertilizantes na agricultura e à coleta e disponibilização inadequada de esgotos domésticos (Rossi *et al.*, 2007). O ânion NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, caracterizado por ser fracamente retido nas cargas positivas dos colóides do solo, tende a permanecer mais em solução, principalmente nas camadas superficiais nas quais a matéria orgânica acentua o caráter eletronegativo da fase sólida (repelindo o nitrato), e os fosfatos aplicados na adubação ocupam as cargas positivas disponíveis. Na solução do solo, o nitrato está sujeito ao processo de lixiviação, e, ao longo do tempo, pode haver considerável incremento em seus teores nas águas profundas (Resende, 2002). Sendo o nitrato extremamente solúvel na água, move-se com facilidade e contamina a água subterrânea (Barbosa, 2005).

Nas águas subterrâneas, os nitratos ocorrem em teores geralmente abaixo de 5 mg L<sup>-1</sup>. Nitritos e amônia são ausentes devido à velocidade com que são convertidos a nitrato pelas bactérias. Devido ao risco que representa, a concentração de nitrato na água para consumo humano não deve exceder 10 mg de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> L<sup>-1</sup> ou 44 mg de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> L<sup>-1</sup>, de acordo com os limites adotados pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (Brasil, 1986) e pelo Ministério da Saúde (Brasil, 2001). Esses também são os limites adotados pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos – USEPA (Ator & Ferrari, 2001).

De acordo com Pignatelli *et al.* (1993), o NO<sub>3</sub><sup>-</sup> no organismo humano pode se tornar tóxico. Dentre as doenças mais relacionadas à ingestão de nitratos em excesso estão a metahemoglobinemia e possivelmente a neoplasia gástrica, além de câncer no estômago e esôfago causados pela formação de N-nitrosaminas, um potente agente carcinogênico (Leifert *et al.*, 1999; Nugent *et al.*, 2001).

Estudos recentes indicam que a biomassa de macrófitas aquáticas, tais como *Potamogeton lucens*, *Salvinia sp.* e *Eichornia crassipes*, mesmo seca, possui alta capacidade de acumular íons metálicos e nutrientes de soluções e águas contaminadas (Gonçalves Júnior; Selzlein; Nackle, 2009), bem como pode ser utilizada como adsorvente na recuperação de efluentes contaminados com corantes utilizados na indústria têxtil (Chagas *et al.*, 2010; Oliveira Neto *et al.*, 2012;

Rubio *et al.*, 2000) e como adsorvente de contaminações por óleos (Rubio *et al.*, 2000).

Dessa maneira, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência da biomassa seca do aguapé (*Eichornia crassipes*) na remoção de  $\text{NO}_3^-$  e Zn de soluções contaminadas.

## 2. Material e Métodos

### 2.1. Área de coleta do Aguapé

O material vegetal (*Eichornia crassipes*) utilizado no experimento foi coletado no Reservatório de Vigário (LIGHT), no município de Pirai – RJ. O ponto de coleta foi localizado distante do canal principal, numa área de remanso, situado nas coordenadas geográficas: 22°38'58.65"S de Latitude e 43°53'33.39"O de Longitude.

### 2.2. Coleta e preparo das amostras

No mesmo dia da coleta, as macrófitas foram lavadas superficialmente em água corrente, seguida de enxague com água deionizada. Após a lavagem, o material foi seco sobre bancadas em temperatura ambiente para retirada do excesso de umidade. Após 24 horas, as plantas coletadas foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufa de circulação forçada de ar a 65°C até apresentarem peso constante, sendo em seguida trituradas em moinho.

### 2.3. Montagem do experimento

O experimento foi conduzido em copos descartáveis com capacidade para 100mL. Em cada copo foram adicionados 50mL da solução contaminada e 1g de biomassa seca de aguapé, acondicionada em “sachês” confeccionados com tecido de poliéster.

Os tratamentos consistiram em cinco doses crescentes de  $\text{NO}_3^-$  (3,3; 33; 100; 150 e 200  $\text{mg L}^{-1}$ ) e Zn (1,8; 18; 50; 79 e 105 $\text{mg L}^{-1}$  de Zn) na forma de nitrato de zinco ( $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ). As coletas de solução para determinação dos teores de nitrato  $\text{NO}_3^-$  e Zn foram realizadas às 1h e 72h após a adição da biomassa seca na solução contaminada.

### 2.4. Determinação dos teores de Nitrato na solução contaminada

A determinação dos teores de  $\text{NO}_3^-$  foi realizada em 2 mL da solução contaminada conforme metodologia desenvolvida por Miranda; Espey; Wink (2001) these assays can either be time consuming or require specialized equipment (e.g., nitrate reductase, chemiluminescent detector, com pequenas modificações.

Uma alíquota de 30  $\mu\text{L}$  da solução coletada em cada tempo de coleta (diluída quando necessária) foi misturada a 60  $\mu\text{L}$  do reagente de Griess (1:1:2), seguida de incubação a 40°C por 50 minutos. Após a adição de 110  $\mu\text{L}$  de água ultrapura (milliQ), a leitura espectrofotométrica foi realizada em 540 nm utilizando o  $\text{KNO}_3$  (10, 25, 50, 100, 150, 200 e 250  $\mu\text{M NO}_3^-$ ) como padrão. As leituras foram realizadas em um espectrofotômetro de microplacas (ThermoFisher Scientific) utilizando-se microplacas de 96 poços.

### 2.5. Determinação dos teores de Zinco na solução contaminada e na biomassa seca do Aguapé

Às 72 horas após a instalação do experimento, a biomassa seca do aguapé foi retirada e seca em estufa com circulação forçada de ar por 48 horas a 65°C, para posterior determinação dos teores de Zn por meio de digestão por mistura nitro perclórica 6:1, segundo Tedesco *et al.* (1995). Ao término desta etapa, os teores de Zn nos diferentes tratamentos e tempos de coleta foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica.

### 2.6. Análise estatística

As médias obtidas correspondentes a três repetições foram comparadas estatisticamente com base em seu desvio padrão.

## 3. Resultados e Discussão

As primeiras pesquisas utilizando-se macrófitas em estratégias de descontaminação de corpos hídricos contaminados com nitrogênio, fósforo, metais pesados e fenóis datam dos anos 60 e 70 (Rubio *et al.*, 2000). No entanto, todas

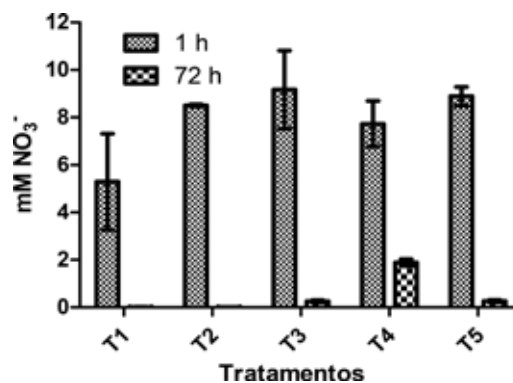
estas experiências utilizavam plantas vivas e acabaram por ser abandonadas devido aos inconvenientes causados por seu cultivo, relacionados principalmente à proliferação de mosquitos e à dificuldade de manejo dessas plantas (Rubio et al., 2000).

Mais recentemente, houve uma mudança na estratégia de utilização dessas plantas em estratégias de descontaminação de corpos hídricos, utilizando-se sua capacidade de adsorção de poluentes quando utilizadas secas. Assim, o uso da biomassa seca dessas macrófitas apresenta uma série de vantagens em relação à utilização dessas plantas vivas, por exemplo, facilidade no manuseio, transporte, armazenamento e baixo custo (Rubio et al., 2000).

Estudos recentes têm demonstrado a eficiência na utilização da biomassa seca de aguapé como adsorvente de diversos contaminantes. Por exemplo, foi reportada a utilização eficiente de aguapé em pó como bioadsorvente no tratamento de efluentes líquidos contendo corantes sintéticos como o vermelho congo (Chagas et al., 2010) e o turquesa remazol (Oliveira Neto et al., 2012).

Neste trabalho, nós avaliamos a capacidade da biomassa seca de aguapé remover nitrato e zinco de soluções contaminadas com esses nutrientes. Para nitrato, houve redução significativa nos teores desse nutriente em todos os tratamentos estudados e esta remoção foi maior na coleta às 72h (Figura 1). Portanto, quanto maior o tempo de contato da biomassa seca de aguapé com o contaminante, maior a eficiência de descontaminação. Nos tratamentos com menores concentrações de  $\text{NO}_3^-$  em solução (T1 e T2), a biomassa seca de aguapé causou a remoção quase que completa da contaminação por nitrato (Figura 1).

É possível que, para contaminações superiores a  $150\text{mg L}^{-1}$  de nitrato em solução, seja necessário maior tempo de contato da biomassa seca de aguapé com o contaminante para sua completa remoção. Por outro lado, pode ser que às 72h a biomassa seca de aguapé tenha atingido sua capacidade máxima de remoção de nitrato de soluções com níveis de contaminação superiores a  $150\text{mg L}^{-1}$  de nitrato. Assim, torna-se necessário a realização de novos estudos com tempos de coletas maiores que 72h, a fim de se determinar o tempo máximo de remoção de contaminação pela biomassa seca de aguapé.



**Figura 1.** Conteúdo de nitrato nos diferentes tratamentos (T1= 3,3; T2 = 33; T3 = 100; T4 = 150 e T5 = 200  $\text{mg L}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-$ ) em duas coletas (1 e 72 h). Cada barra vertical corresponde a uma média de três repetições  $\pm$  desvio padrão.

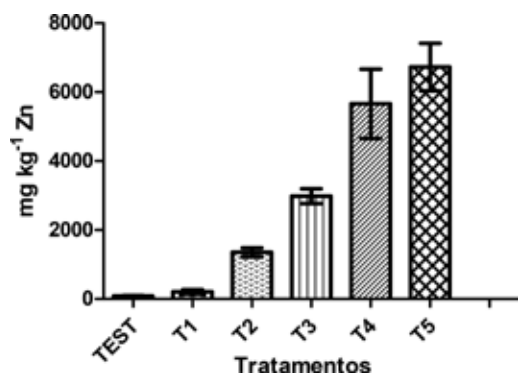
A biomassa das plantas aquáticas é caracteristicamente muito porosa, portanto, mesmo quando secas, essas plantas apresentam elevada área superficial, o que implica uma enorme capacidade de acumulação de solutos (Rubio et al., 2000). Esse mecanismo poderia justificar a alta capacidade da biomassa seca de aguapé em remover nitrato de soluções contaminadas. Klučáková (2010), estudando a interação entre nitrato e ácidos húmicos, concluiu que nitratos são adsorvidos principalmente por partículas húmicas sólidas e, em menor quantidade, ligados a agregados e macromoléculas húmicas dissolvidas.

Mecanismo similar poderia explicar os resultados obtidos neste trabalho, no entanto, resta melhor detalhar quais seriam os mecanismos de adsorção de nitrato à biomassa seca de aguapé.

Foi observado também um efeito crescente de adsorção de Zn pela biomassa seca de aguapé, ou seja, as concentrações desse metal na biomassa do aguapé apresentaram aumento à medida que as concentrações dos tratamentos também foram sendo aumentadas (Figura 2). Por outro lado, não houve diferença significativa entre os tratamentos 4 e 5, indicando que já no T4 a concentração de Zn adsorvida foi máxima, ou seja, indicando estar próxima a capacidade máxima de adsorção de Zn pela biomassa seca de aguapé.

O aumento nas concentrações de Zn nos tratamentos foi acompanhado por aumento na concentração de Zn adsorvido pela biomassa do aguapé, até o T4, já que não houve diferença significativa entre o T4 e o T5. Isso ocorreu possivelmente por saturação da superfície específica da biomassa seca do aguapé, na quantidade utilizada neste experimento (1,0g) (Figura 2).

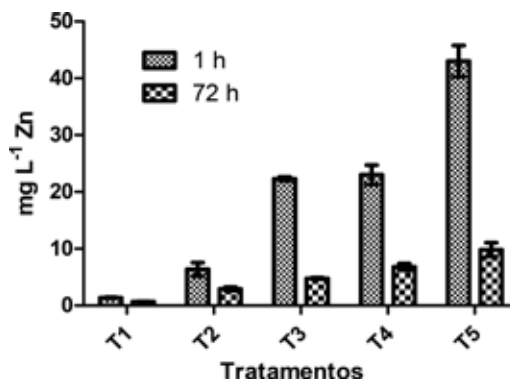
Os resultados obtidos estão de acordo com Gonçalves Júnior; Selzlein; Nacke (2009) que afirmaram que a *Eichornia crassipes* é amplamente conhecida por sua capacidade de remoção de metais pesados e nutrientes de soluções e águas contaminadas.



**Figura 2.** Conteúdo de Zn na biomassa seca do aguapé nos diferentes tratamentos (TEST = Testemunha, biomassa seca do aguapé sem adição de contaminação; T1 = 1,8; T2 = 18; T3 = 50; T4 = 79 e T5 = 105mg L<sup>-1</sup> de Zn) após 72 h. Cada barra vertical corresponde a uma média de três repetições ± desvio padrão.

Conforme observado na Figura 3, houve significativa redução na concentração de Zn em todos os tratamentos. Assim, pode-se dizer que houve remoção significativa do contaminante pela biomassa seca do aguapé em todas as doses de contaminação testadas (Figura 3). Resultados similares foram encontrados por Gonçalves Júnior; Selzlein; Nacke (2009) estudando a capacidade de biomassa seca de aguapé na remoção de Cd, Pb, Cr, Cu e Zn de soluções contaminadas.

No entanto, foi possível observar que no T5, tratamento com maior nível de contaminação, houve um decréscimo representativo da concentração de Zn na solução contaminada, indicando que a biomassa seca do aguapé foi eficiente na remoção de Zn do sistema contaminado (Figura 3). É interessante ressaltar que a capacidade de remoção do contaminante por meio de sua adsorção à biomassa seca do aguapé cresce com o aumento da concentração de Zn na solução contaminada, sendo ainda mais evidente no T5 (Figura 3).



**Figura 3.** Concentração de Zn nos diferentes tratamentos (T1 = 1,8; T2 = 18; T3 = 50; T4 = 79 e T5 = 105mg L<sup>-1</sup> de Zn) em duas coletas (1 e 72 h). Cada barra vertical corresponde a uma média de três repetições ± desvio padrão.

Mesmo após a secagem, as plantas mantêm, ainda que biologicamente inativas, muitas de suas propriedades químicas (Rubio et al., 2000). Tal característica explicaria a capacidade da biomassa seca de aguapé remover Zn de soluções contaminadas. Segundo Rubio et al. (2000), a remoção de metais pesados de efluentes ocorre principalmente através de troca de íons, pela presença de radicais orgânicos como os grupos carboxila (COO<sup>-</sup>) presentes nos tecidos vegetais. Quando em contato com íons como os de cobre (Cu<sup>+2</sup>), zinco (Zn<sup>+2</sup>), níquel (Ni<sup>+2</sup>), cádmio (Cd<sup>+2</sup>), chumbo (Pb<sup>+2</sup>) e cromo (Cr<sup>+3</sup>), presentes em ambientes poluentes, há uma tendência química de substituição de metais alcalinos e alcalinos terrosos por metais de transição, favorecendo a adsorção desses íons tóxicos pela biomassa seca do vegetal, “descontaminando” a solução (Rubio et al., 2000).

#### 4. Conclusão

A biomassa seca do aguapé (*Eichornia crassipes*) possui capacidade de remoção de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e Zn de soluções contaminadas, sendo essa capacidade potencializada com o aumento do tempo de contato da biomassa com a solução, podendo ser utilizada em estratégias de descontaminação de água.

#### 5. Agradecimentos

Os autores agradecem ao Sr. João de Oliveira Domingos pelo apoio durante a realização das coletas.

## 6. Referências

ATOR, S. W.; FERRARI, M. I. **Nitrate and selected pesticides in ground water of the Mid-Atlantic Region**: United States Geological Survey/Environmental Protection Agency. Disponível em: <<http://md.usgs.gov/publications/wrir-97-4139>>. Acesso em: 18 de jun. 2001.

BARBOSA. **Hidrogeoquímica e a contaminação por nitrato em água subterrânea no bairro Piranema, Seropédica - RJ**. [s.l.] Universidade Estadual de Campinas, 2005.

BORGES. **Aplicação de Resíduo URA na Remediação Química de Solos Contaminados por Cd, Pb e Zn**. [s.l.] Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2007.

CHAGAS *et al.* **APLICAÇÃO DA BIOMASSA DO AGUAPÉ *Eichornia crassipes* EMPÓ NA REMOÇÃO DE COR DO VERMELHO CONGO** (Alagoas, Ed.)V CONNEPI - Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte e Nordeste de Educação Tecnológica. **Anais...Maceió - AL.**: IFAL - Insituto Federal de Alagoas, 2010.

GONÇALVES JÚNIOR; SELZLEIN, C.; NACKE, H. Uso de biomassa seca de aguapé *Eichornia crassipes* visando à remoção de metais pesados de soluções contaminadas. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 31, n. 1, p. 103–108, 28 abr. 2009.

KLUČÁKOVÁ. Adsorption of nitrate on humic acids studied by flow-through coulometry. **Environmental Chemistry Letters**, v. 8, n. 2, p. 145–148, 11 fev. 2010.

LEIFERT *et al.* **Human health effects of nitrate** IFA AGRICULTURAL CONFERENCE ON MANAGING PLANT NUTRITION: towards maximum resource efficiency. **Anais...Barcelona**: 1999.

MARSCHNER. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. Second Edi ed. [s.l.] Academic Press, 1995.

MIRANDA; ESPEY, M. G.; WINK, D. A. A rapid, simple spectrophotometric method for simultaneous detection of nitrate and nitrite. **Nitric oxide : biology and chemistry / official journal of the Nitric Oxide Society**, v. 5, n. 1, p. 62–71, fev. 2001.

OLIVEIRA *et al.* **ABSORÇÃO E ACÚMULO DE CÁDMIO E SEUS EFEITOS SOBRE O CRESCIMENTO RELATIVO DE PLANTAS DE AGUAPÉ E DE SALVÍNINIA**. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 13, n. 3, p. 329–341, 2001.

OLIVEIRA NETO *et al.* **BIOMASSA DO AGUAPÉ COMO ADSORVENTE DO CORANTE TÊXTIL TURQUESA REMAZOL** (Tocantins, Ed.)VII CONNEPI - Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação: ações sustentáveis no desenvolvimento das regiões norte e nordeste. **Anais...Palmas, TO.**: IFTO - Instituto Federal do Tocantins, 2012

PIGNATELLI *et al.* Mutagens, N-nitroso compounds and their precursors in gastric juice from patients with and without precancerous lesions of the stomach. **Eur J Cancer**, v. 29A, n. 14, p. 2031–9, 1993.

RESENDE. **Agricultura e Qualidade da Água: Contaminação da Água por Nitrato**. Planaltina, DF, Embrapa Cerrados, 2002.

RUBIO *et al.* Plantas aquáticas: sorventes naturais. **Ciência Hoje**, v. 35, n. 205, p. 5–8, 2000.

TEDESCO *et al.* **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2ª edição ed. Porto Alegre: [s.n.]. p. 174p.