

**A EUTROFIZAÇÃO DA BARRAGEM DO CÓRREGO IBITINGA NA FLORESTA ESTADUAL “EDMUNDO NAVARRO DE ANDRADE” EM RIO CLARO (SP) COMO EXEMPLO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL**

**THE EUTROPHICATION OF DAM FROM IBITINGA STREAM AT STATE FOREST “EDMUNDO NAVARRO DE ANDRADE” IN RIO CLARO (SP - BRAZIL) AS AN EXAMPLE OF ENVIRONMENTAL EDUCATION**

Sidnei Lopes Ribeiro\*  
Ivan Carlos Zampin\*\*

**RESUMO**

Este texto aborda as consequências do processo de desmatamento causado pela agricultura comercial na área das cabeceiras do córrego Ibitinga potencializado pelo emprego de fertilizantes químicos. Isso desencadeia os processos de erosão dos solos e o escoamento superficial de nutrientes que, ao se depositarem em grandes quantidades no lago da barragem, provocam assoreamento, poluição e eutrofização. Depois discutem-se alternativas de saneamento do ambiente, o papel das algas invasoras da represa na despoluição das águas e uma forma de fitorremediação do problema.

**Palavras-chave:** Córrego Ibitinga. Ensino Básico. Escala Geográfica Local. Eutrofização. Fitorremediação. Interdisciplinaridade.

**ABSTRACT**

This text approaches the process of deforestation caused by commercial agriculture in the area of headwaters of stream Ibitinga, in addition to chemical fertilizers, causes the soil erosion and runoff of nutrients and when deposited in large quantities in dam lake, causes siltation, pollution and eutrophication. Then discusses environmental sanitation alternatives, the role of invasive algae in the depollution of water dam and a form of phytoremediation problem.

**Keywords:** Basic Education. Eutrophication. Ibitinga Stream. Interdisciplinarity. Local Geographic Scale. Phytoremediation.

**Introdução**

No final do século XIX os altos custos e a demora do transporte do café de Rio Claro eram barreiras naturais e econômicas que impediam a expansão cafeeira no oeste

---

\* Professor de Geografia na Rede Estadual em Rio Claro. [geosidnei@gmail.com](mailto:geosidnei@gmail.com)

\*\* Professor no Centro Universitário Edmundo Ulson (Unar) em Araras. [iczgeo@gmail.com](mailto:iczgeo@gmail.com)

paulista. Em 1892, a *Companhia Paulista de Estradas de Ferro* (Cia Paulista) implantou trilhos e oficinas na cidade (PLANO DE MANEJO, 2005a, p. 17). Mas a ferrovia utilizava muitas florestas nativas para fabricar peças, vagões, oficinas, estações de trens e construir residências. O início do século XX foi difícil para a Cia. Paulista porque anualmente a empresa aumentava o desmatamento das reservas nativas. Além disso, o carvão das locomotivas era inglês, o que encarecia o transporte ferroviário. Mas usar florestas nativas para fabricar carvão logo exterminaria a matéria-prima nativa e poria em risco a existência da Cia. Paulista (PLANO DE MANEJO, 2005a, p. 18).

Para evitar a extinção das matas nativas da região, a Cia. Paulista contratou, em dezembro de 1903, o Engenheiro Agrônomo Edmundo Navarro de Andrade para dirigir o recém-inaugurado Horto Florestal de Jundiaí, onde iniciou os estudos de silvicultura no estado (PLANO DE MANEJO, 2005a, p. 19). Após seis anos de estudos e testes de espécies nativas e exóticas, Andrade optou pelas espécies australianas do gênero *Eucalyptus* para atender às necessidades da empresa (PLANO DE MANEJO, 2005a, p. 19).

Em 1909 a Cia. Paulista comprou a Fazenda Santa Gertrudes com 1.260 ha e iniciou o cultivo de eucalipto, originando o Horto Florestal de Rio Claro. Conhecido internacionalmente como o “Berço do Eucalipto no Brasil, o Horto Florestal é importante banco de germoplasma destinado a comunidade científica para estudos e melhoramentos genéticos [...]” (ALBUQUERQUE 2002 apud PLANO DE MANEJO, 2005a, p. 18-19).

Em 1916 a Cia. Paulista comprou da Baronesa de Piracicaba mais duas glebas de terras, as Fazendas Cachoeirinha e Santo Antônio (CERDOURA, 2002 apud PLANO DE MANEJO, 2005a, p. 19). Em 1956 a Cia. Paulista vendeu 110.000 m<sup>2</sup> de terra para a instalação da PREMA, Tintas e Preservação de Madeira Ltda. (PLANO DE MANEJO, 2005a, p. 19).

Em 1960 foi construído o restaurante em frente ao Lago do Horto, demolido em 1992. Em 1984 o Clube dos Cavaleiros “Professor Victorino Machado” alugou uma área do Horto Florestal, fato vigente até a redação do artigo. Devido ao aumento populacional de Rio Claro, ao longo dos anos o Horto Florestal perdeu grande área para desapropriações destinadas à construção de novos bairros, do campus Bela Vista da Unesp (PLANO DE MANEJO, 2005a, p. 20) e o novo Fórum de Rio Claro (GUIA RIO CLARO, 2012).

Em 1976 encaminhou-se ao Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico do Estado de São Paulo (CONDEPHAAT) o pedido de tombamento do Horto Florestal “Navarro de Andrade” devido ao valor histórico, cultural e científico para o Estado de São Paulo e por representar a “história viva do eucalipto no Brasil”. Em 9 de dezembro de 1977, o Secretário Estadual de Cultura, Dr. Max Feffer, assinou a resolução do tombamento. Em 1987 o Horto Florestal deixou de ser um departamento e se transformou em Superintendência Geral de Produção Florestal das Ferrovias Paulistas S.A. (FEPASA), a antiga empresa estatal que sucedeu a Cia Paulista como proprietária do Horto Florestal de Rio Claro (PLANO DE MANEJO, 2005a, p. 20).

Em 1992 a Seção do Patrimônio Histórico e Ambiental da FEPASA iniciou o restauro e reforma dos principais edifícios do Horto Florestal: Museu do Eucalipto, o Solar “Navarro de Andrade”, as casas da colônia principal e a Igreja. Em 11 de Junho de 2002 o Decreto n.º 46.819 transformou o Horto Florestal na *Floresta Estadual “Edmundo Navarro de Andrade”* (FEENA), uma Unidade de Conservação de Uso Sustentável, prevista na Lei Federal n.º 9.985/2000, administrada pelo Instituto Florestal da Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo (PLANO DE MANEJO, 2005a, p. 20).

Portanto, após esta introdução histórica, este texto possui quatro seções que tratam da FEENA. A primeira traz os objetivos do artigo e os fundamentos pedagógicos e legais. A segunda explica as origens dos problemas ambientais, cita a importância dos recursos hídricos da FEENA para o abastecimento municipal de água e comenta os problemas ambientais: erosão, assoreamento e eutrofização do lago da barragem. A terceira discute alternativas para sanear o ambiente, o papel das algas invasoras na despoluição das águas da represa e a fitorremediação. E nas considerações finais, comentam-se fatos interdisciplinares de ensino básico e superior e propõem-se ideias para trabalhos futuros.

## **1 Objetivos do artigo**

São objetivos: *servir de material de apoio didático* a professores de Ensino Básico e a alunos e professores de licenciaturas (Pedagogia, Biologia, Ecologia e Geografia). *Subsidiar a educação ambiental formal* no ensino básico. *Propor pesquisas*

*interdisciplinares no estudo de processos pedológicos e limnológicos*, de acordo com a Lei de Educação Ambiental nos artigos 2º e 8º, § 3º, I (BRASIL, 1999).

A Floresta Estadual “Edmundo Navarro de Andrade” (FEENA) é uma área de estudos ideal para alunos dos ensinos básico e superior devido às riquezas biótica, abiótica, cultural e aos problemas de impacto ambiental (figuras 1, 2 3 e seguintes). Este artigo analisa os impactos ambientais ocasionados pelos desmatamentos para usos do solo, principalmente a agricultura comercial, na área das cabeceiras dos córregos que nascem fora da FEENA, citados por estes autores em artigo anterior. No primeiro artigo analisamos o nível de cumprimento da legislação ambiental através do tempo por parte dos proprietários de terra da área das cabeceiras dos córregos Ibitinga e Santo Antônio, que entram na FEENA (RIBEIRO; ZAMPIM, 2014).

Abordaremos os problemas ambientais causados pela agricultura na área das nascentes do córrego Ibitinga: erosão/deposição de solos (pedologia), poluição e eutrofização de águas lânticas (limnologia) e uma possível fitorremediação (ecologia) do lago formado pelo barragem do referido córrego. Espera-se que os jovens do ensino básico: *adquiram* conhecimentos, habilidades e competências sobre a importância da intervenção planejada da sociedade no meio ambiente; *debatam criticamente* a legislação e a realidade ambiental atuais; *proponham formas de intervenção* e superação dos problemas ambientais de sua realidade local, tornando-se cidadãos conscientes e participativos.

Quanto aos currículos oficiais de Geografia, no âmbito federal, nossos objetivos inserem-se em três temas transversais dos Parâmetros Curriculares Nacionais de Ensino Fundamental: a) Meio Ambiente; b) Saúde e Trabalho; c) Consumo (BRASIL, 1998a, p. 46-49) e na publicação Temas Transversais (BRASIL, 1998b, p. 219-225; 249-255; 385-390). No currículo oficial estadual este texto aplica-se principalmente no quarto bimestre do primeiro ano do Ensino Médio na escala geográfica local dos conteúdos *biomas terrestres, clima e cobertura vegetal* (SÃO PAULO, 2010, p. 103).

## **2 Problemática da área de estudo**

Nesta seção trataremos das origens dos problemas ambientais da FEENA, da importância de seus recursos hídricos para o abastecimento municipal de água e também

dos seus problemas ambientais: erosão de solos, assoreamento e eutrofização do lago da barragem.

## 2.1 A origem dos problemas ambientais

A FEENA (*figura 1*) insere-se na sub-bacia do Ribeirão Claro (270 km<sup>2</sup>), que integra a bacia hidrográfica do rio Corumbataí, que abrange os municípios de Araras, Corumbataí, Rio Claro e Santa Gertrudes. Seus tributários cortam interflúvios tabulares, esculpem vales amplos e de pequena declividade. A densidade de drenagem da bacia do Ribeirão Claro é maior no alto curso, onde o relevo de escarpa de *Cuesta* resulta em maiores declividades e escoamento superficial. O Ribeirão Claro corta a FEENA no sentido norte-sul e deságua no rio Corumbataí. Trata-se de um importante manancial de abastecimento urbano (PLANO DE MANEJO, 2005, p. 39):



Figura 1. Visão geral da FEENA em 2007, cercada pela zona rural (D) e área urbana (E).

Obs.: 1 a 4: nascentes que formam o córrego Ibitinga; 5: nascente do Córrego Santo Antônio.

Fonte: Google Images (2014).

A figura 1 mostra três aspectos da ocupação do espaço em Rio Claro (SP). À direita vê-se a área rural ocupada predominantemente com cana de açúcar; no centro está a FEENA e à esquerda a área urbana de Rio Claro. Nota-se na *escala de análise geográfica local* (RIBEIRO, 2011) que as nascentes dos rios que atravessam a reserva estão fora da área da FEENA. Na *escala geográfica nacional* existe um problema semelhante na Terra Indígena do Xingu – MT (VIERTLER, 1969; ISA, 2011). Os dois ambientes brasileiros são

exemplos de exclusão das nascentes dos rios na área protegida, por erro ou omissão do planejamento da implantação das reservas. Em ambos isso resultou em graves problemas ambientais que poderiam ter sido evitados. E, na *escala geográfica global*, nos EUA o Parque Nacional de Everglade (Flórida) apresentou problema semelhante:

Deve considerar-se como unidade de ordenamento toda a bacia de escoamento ou de recepção [...]. O Parque Nacional de Everglades, situado no sul da Flórida, constitui um bom exemplo dessa necessidade de considerar toda a bacia de escoamento. De facto, *não obstante ser grande quanto a área, o parque não inclui hoje a fonte da água doce que terá de chegar até ele, vinda para sul*, caso seja de manter a sua ecologia específica. Dessa forma, o Parque Nacional de Everglades encontra-se completamente exposto aos perigos de melhoramentos e de desenvolvimentos agrícolas ou de tráfego aéreo a norte do seu limite, que poderão desviar ou contaminar o sangue vital das suas glades (ODUM, 1970, 2001, p. 22-23, grifo nosso).

Portanto, vários problemas ambientais decorrem do fato de os rios nascerem fora da FEENA em área onde se pratica a agricultura. Um dos problemas é o fluxo de água utilizada para o abastecimento urbano, razão da seção seguinte.

## **2.2 Os recursos hídricos da FEENA**

A Estação de Tratamento de Água (ETA) I “José Maria Pedroso”, construída em 1949 no bairro Cidade Nova no centro da cidade capta as águas do *Ribeirão Claro na FEENA* e fornece 25.000 m<sup>3</sup>/dia (41,7%) à população. A ETA II, construída em 1.982 no quilômetro 8 da Estrada Municipal Rio Claro/Ajapi, capta no *Rio Corumbataí* e fornece os demais 35.000 m<sup>3</sup> (58,3%) à população. Ambas as ETAS fazem o tratamento convencional destes rios de classe II, conforme a Resolução CONAMA n.º 20 (DAAE, 2014). Portanto, *praticamente 40% da água disponível à população de Rio Claro provêm dos recursos hídricos disponíveis na FEENA.*

Há mais duas sub-bacias na FEENA, dos córregos *Ibitinga* e *Santo Antônio* (PLANO DE MANEJO, 2005). O córrego *Ibitinga* nasce fora da FEENA, em pequenas propriedades rurais com cultivo de cana-de-açúcar (*figura 1*). Há elevados índices de erosão de solos devido à retirada da cobertura vegetal das nascentes e da mata ciliar dos corpos d’água do local e à exposição por técnicas de manejo (PLANO DE MANEJO, 2005; RIBEIRO; ZAMPIN, 2014). Devido a isso, observa-se no barramento do córrego *Ibitinga*,

dentro da FEENA, um intenso e permanente processo de assoreamento. O córrego Santo Antônio também nasce em áreas sem a proteção da mata ciliar sob cultivo de cana-de-açúcar e o fato explica a grande redução do fluxo fluvial nos períodos de estiagem prolongada (PLANO DE MANEJO, 2005; RIBEIRO; ZAMPIN, 2014 RIBEIRO, visita de campo em outubro de 2014).

As quatro nascentes do córrego Ibitinga apresentam diferentes graus de desmatamento das cabeceiras para uso do solo com a agricultura comercial da cana de açúcar (figuras 2 e 3). A exposição do solo em alguns meses do ano, as chuvas e o escoamento superficial geram problemas nas águas e nos sedimentos do lago da barragem como: erosão acelerada de solos, assoreamento do barragem do córrego Ibitinga, deposição de macro e de micronutrientes (PPI-PPIC, 1998; RICKLEFS, 1996) e possível deposição de metais pesados e radioativos (CONCEIÇÃO, 2004).

Nota-se o respeito aos limites da Área de Preservação Permanente (APP) pelos proprietários do local e um aumento da densidade vegetacional na nascente 1, que possui uma boa largura, ao redor de 100m (figura 2). A nascente 2 também é bem cuidada, pois tem largura que varia de pouco mais de 120 metros na cabeceira até 60m no trecho que entra na FEENA (RIBEIRO; ZAMPIN, 2014). Na figura 3 nota-se dois reflorestamentos robustos em duas das nascentes do terceiro córrego formador do córrego Ibitinga. Mas a nascente 4 é a mais estreita e cercada por monocultura de cana de açúcar, assim como a nascente do córrego Santo Antônio (RIBEIRO; ZAMPIN, 2014).

Infelizmente, o desmatamento das cabeceiras dos córregos Ibitinga e Santo Antônio somado à agricultura provocam outros problemas ambientais decorrentes do depósito de sedimentos, macro e micronutrientes na barragem do córrego Ibitinga. Veremos agora mais um problema, o *assoreamento da barragem*, relacionado à erosão dos solos.



Figura 2 - Nascente 1: 28 de outubro de 2013.

Fonte: RIBEIRO; ZAMPIN (2014, p. 8).



Figura 3 - Nascentes do córrego Ibitinga (2, 3 e 4) e do córrego Santo Antônio (5).

Fonte: RIBEIRO; ZAMPIN (2014, p. 10); PLANO DE MANEJO (2005, p. 12).

### 2.3 A erosão de solos e o assoreamento da barragem

Como foi descrito nos itens anteriores e demonstrado pelas figuras 1, 2 e 3, a área apresenta vários problemas ambientais. Nesta seção trataremos da erosão de solos e do assoreamento do lago da barragem do córrego Ibitinga.

Erosão é o processo de desprendimento e arraste acelerado das partículas do solo causado pela água e pelo vento. Há várias formas de erosão hídrica, mas comentaremos as mais comuns em nossa região: por impacto das gotas de chuva, erosão laminar, sulcos e voçorocas (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990).

A erosão pelo *impacto das gotas de chuva* (saltitação ou *splash erosion*) acontece quando as gotas de chuva golpeiam a superfície do solo, rompem seus grânulos e torrões e

os reduzem a partículas menores, o que diminui a capacidade de infiltração da água no solo. O impacto das gotas rompe os agregados do solo, desprende e transporta as partículas mais finas, de maior valor nutritivo, compacta a superfície do terreno, reduz a capacidade de absorção de água pelo solo e aumenta o escoamento superficial (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990).

A *erosão laminar* é a remoção difusa de camadas delgadas de solo de uma área. Ela arrasta as partículas mais leves e mais nutritivas do solo e diminui sua fertilidade. Depois, após chuvas intensas em terrenos de grandes declividade e comprimentos de rampa, enxurradas com grandes volumes e velocidades criam a *erosão em sulcos*, que podem ser profundos. Finalmente, as *voçorocas* são a forma espetacular da erosão, ocasionada por grandes enxurradas que passam todos os anos no mesmo sulco, ampliando-o com a retirada de grandes massas de solo, formando cavidades de grande extensão e de centenas de metros de profundidade que chegam ao nível freático (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990).

Como a mata ciliar das áreas fora da FEENA ainda está em processo de recuperação e densificação, ela não é capaz de reter todos os sedimentos provenientes da erosão dos solos. Segundo Leinz e Amaral (1987) perde-se em cada hectare (ha) 4 quilos de solo na mata, 700 kg em pastagens e 1100 kg em cafezais. Já Bertoni e Lombardi Neto (1990) afirmam que 1.300 mm de chuva, em declives entre 8,5 e 12,8% e médias ponderadas para três tipos de solos paulistas, as perdas por erosão em cada hectare (ha) e tipo de uso do solo são: 4 kg com cobertura de matas; 400 kg com pastagens; 900 kg com cultivo de café; 12,4 toneladas com cana-de-açúcar; 24,8 toneladas com algodão e 38,1 toneladas com feijão. Segundo os mesmos autores, as perdas de água da chuva correspondem a 11,2% em cultivo de feijão, a 4,2% em cultivo de cana-de-açúcar, a 7,2% com algodão, 1,1% com cafezal e 0,7% com pastagens ou matas (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990).

Os dados são claros ao especificar que a perda de água é baixa (4,2%) e a perda de solos é grande para a cana-de-açúcar (12,4 t/ha/ano) porque durante alguns meses a terra fica exposta, elevando as perdas de solo e água. Felizmente, as imagens de satélite do local (figuras 1, 2 e 3) não apresentam erosão por sulcos, ravinas ou voçorocas; ao contrário, os proprietários cultivam em curvas de nível, o que reduz perdas de água e de solo, no que estão de parabéns.

O solo do entorno das nascentes é utilizado para plantio de cana-de-açúcar, com aplicação de grandes quantidades de fertilizantes que, com a ausência de mata ciliar, causa os impactos ambientais de eutrofização e assoreamento, notados no açude em frente ao Museu do Eucalipto, que represou o Córrego Ibitinga (FERRAGUT, 1999). *Assoreamento* é o processo lento e gradativo de deposição de sedimentos (partículas derivadas da decomposição de rochas, solos e matéria orgânica vegetal e animal) em rios, lagos, represas, baías e oceanos (FERRAGUT, 1999; RICKLEFS, 1996; ODUM, 2001). A ação humana (desmatamentos) acelera o ritmo dos processos naturais de assoreamento, ao expor solos para agricultura, agropecuária, mineração ou para urbanização (BRAGA NETTO, 2001).

Para resolver o problema do assoreamento do lago da barragem, em novembro de 2012 o Governo paulista liberou R\$ 1,270 milhão para a revitalização da FEENA, que consistiu de: desassoreamento (retirada dos sedimentos), reformas da barragem, de vertedouros e do muro de contenção; construção de muro de arrimo para conter sedimentos vindos do Ribeirão Ibitinga e implantação de um projeto paisagístico no entorno do lago, justificado porque a área fica na parte de uso público e de lazer da unidade de conservação. O Conselho Consultivo da FEENA aprovou o projeto de restauração do patrimônio histórico, com prazo de execução de quatro meses (SÃO PAULO, 2012). Em seguida, o prefeito de Rio Claro encontrou-se com representantes municipais e estaduais na sede administrativa da FEENA para agilizar trâmites e garantir os recursos financeiros para as citadas obras no lago e em seu entorno (CANAL RIO CLARO, 2012).

Em janeiro de 2013, apesar das intensas chuvas, as obras de desassoreamento do lago do córrego Ibitinga foram realizadas; removeu-se 7 mil m<sup>3</sup> de sedimentos (9,5 toneladas), transferidos, com a aprovação da CETESB, para área dentro da FEENA. Foi reformada a antiga Estação de Tratamento de Água – a ETA 0, implantado um dique de contenção de sedimentos no córrego Ibitinga, houve reparos no vertedouro e recuperação do Jardim das Palmeiras, com instalação de bancos e mesas para o público. A ETA 0 transformou-se em espaço museológico explicativo do tratamento de água que ocorreu ali. Para os especialistas houve diversos ganhos, como a redução da pressão no vertedouro e aumento de oxigênio dentro do lago, propiciando aumento de peixes, plantas e outras espécies (SÃO PAULO, 2013a). Em 13 de julho daquele ano plantou-se 25 Palmeiras

Imperiais no Jardim das Palmeiras, em área de uso público, próxima ao lago do córrego Ibitinga. Palmeiras imperiais atingem 45 metros, têm folhas de mais de 5 m e o plantio foi uma das exigências do contrato com a empresa que desassoreou o lago (SÃO PAULO, 2013b).

As obras do lago da barragem do córrego Ibitinga e do entorno foram de grande valor para o meio ambiente da FEENA e reconhecemos isso, mas se não houver um sério cuidado com as nascentes, um outro grande problema será recorrente. Em 14 de outubro de 2014, em visita como praticante de lazer, um dos autores constatou que o lago da barragem estava novamente tomado por macrófitas aquáticas (*figura 5*). Assim, há um outro processo de degradação ambiental associado à agricultura na região das nascentes, que é a eutrofização das águas do lago da barragem, nosso próximo assunto.

#### **2.4 A eutrofização do lago da barragem**

Vimos na seção anterior que o lago da barragem ficou assoreado, foi saneado mas, no espaço de pouco mais de um ano, o problema da eutrofização surgiu novamente. Mas por que isso aconteceu?

Fertilizantes e agrotóxicos chegam aos cursos d'água *superficialmente* por escoamento difuso e rede de drenagem e *subsuperficialmente*, por infiltração e escoamento difuso do nível freático e de áreas de recargas, como nascentes. Quando se acumulam no lago da FEENA enriquecem a água com tantos nutrientes que explode a população de plantas (*figuras 4 e 5*). A figura 4 é do fim de 2012, antes do início das obras e a figura 5 é de outubro de 2014, após as obras. O fato demonstra um estado de perturbação ecológica em corpo d'água lântico bastante eutrofizado e superpovoado com *macrófitas aquáticas*:

Macrófitas aquáticas são vegetais que vivem em lagoas, lagos, brejos e ambientes alagados. São plantas de origem terrestre adaptadas a ambientes aquáticos. As macrófitas aquáticas são muito importantes para o equilíbrio desses ambientes, pois desempenham papéis fundamentais no ecossistema em que vivem. Servem de alimento e abrigo para muitas espécies de peixes, aves e mamíferos, além de liberarem nutrientes e oxigênio na água (UFSCAR, 2015).

A eutrofização foi gerada por resíduos da agricultura, como a cana-de-açúcar, vindos das cabeceiras dos rios fora da reserva, que abastecem o lago da FEENA. A

agricultura adiciona por adubos químicos os *macronutrientes primários* nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) (PPI/PPIC, 1998). A *eutrofização* (efeito biológico resultante do aumento de nutrientes no sistema aquático) ocorre geralmente por excesso de nitrogênio e fósforo. Ela também pode ser causada por excesso de sílica, potássio, cálcio, ferro ou manganês, significando o aumento nas taxas de crescimento da biota (FERRAGUT, 1999; RICKLEFS, 1996; ODUM, 2001).

A eutrofização pode ser *natural ou artificial*. O *processo natural* é o lento e contínuo enriquecimento de nutrientes trazidos por água de chuvas, escoamento superficial e ecossistema aquático. O *processo artificial* de eutrofização é causado pelo homem, que introduz nutrientes de efluentes domésticos, industriais e agrícolas e causa o “envelhecimento precoce” do ecossistema aquático (RICKLEFS, 1996; ODUM, 2001).

Recordando, a completa eutrofização do “lago” da FEENA foi o resultado do processo de enriquecimento artificial de nutrientes por escoamento difuso das águas contendo adubos químicos (NPK) administrados nas áreas a montante com cultivo de cana-de-açúcar. Em visitas de campo em junho de 2010 e dezembro de 2012 notou-se a manutenção da situação (figura 4), indicando que o problema instalou-se há algum tempo.



Figura 4 - Lago da barragem do córrego Ibitinga na FEENA eutrofizado, contendo várias espécies de macrófitas aquáticas.

**Foto:** Sidnei Lopes Ribeiro (27/12/2012)

Em consequência, o aumento excessivo da biomassa desequilibra ecossistemas aquáticos e compromete seus usos múltiplos: impossibilita o uso da água para consumo e recreação, impede a navegação e facilita o criadouro de mosquitos e caramujos transmissores de doenças como dengue, malária e esquistossomose (CARVALHO, 1994).

Em seção anterior informamos da execução das obras no final de 2012 e início de 2013 no lago do córrego Ibitinga e em seu entorno, porém, em 14 de outubro de 2014 constatou-se em campo (figura 5) que o lago da barragem continha muitas macrófitas aquáticas. Portanto, a solução deve ser um processo sistêmico que reestabeleça a condição mais próxima possível da natural, respeitando a ecologia da microbacia hidrográfica local.

Odum lembra que, quando a humanidade aumenta a erosão dos solos ou introduz quantidades de matéria orgânica (esgotos urbanos e industriais) em proporções não assimiláveis, a rápida acumulação desses materiais pode levar à destruição do sistema. Segundo o autor, eutrofização cultural [*artificial*] é sinônimo da poluição orgânica que resulta da atividade humana e aconselha: “quando se trata dos interesses do homem, é *toda a bacia de drenagem*, e não apenas a massa de água, *que deve ser considerada como a unidade mínima de ecossistema*” (ODUM, 2001, p. 22 – grifo nosso). Portanto, para resolver o problema local, deve-se seguir o conselho do respeitado cientista.

Além da eutrofização, existe mais um processo de degradação do meio ambiente, também decorrente do uso do solo na área das nascentes com mata ciliar insuficiente: são a poluição e a contaminação das águas e do sedimento depositado no fundo do lago da barragem, tema da próxima subseção.



Figura 5 - Lago da barragem tomado por macrófitas aquáticas em 14 de outubro de 2014, após obras que custaram mais de R\$ 1 milhão.

**Foto:** Sidnei Lopes Ribeiro.

## **2.5 Possíveis contaminantes do lago da barragem**

Os impactos ambientais são complexos e trataremos nesta seção da possível contaminação das águas do lago. Agrotóxicos, corretivos agrícolas, fertilizantes fosfatados e vinhaça (subproduto da industrialização da cana-de-açúcar) contêm e adicionam anualmente *metais pesados* (cromo, cobre, zinco, níquel, cádmio e chumbo) e *radionuclídeos* (urânio, rádio, tório, potássio) às plantações de cana-de-açúcar da região (CONCEIÇÃO, 2004). Como há agricultura de cana-de-açúcar nas cabeceiras dos córregos que atravessam a FEENA, mesmo em pequenas quantidades, metais pesados e radionuclídeos também podem estar presentes nas águas, nos sedimentos e em seres vivos aquáticos (vegetais e animais) do lago da barragem, provindos do uso de fertilizantes e pesticidas (ANDRADE; TAVARES; MAHLER, 2007, p. 69).

*Metal pesado* é o metal com densidade maior que  $5 \text{ g/cm}^3$  ou com número atômico maior que vinte. É definição delicada porque inclui no grupo *metais leves* e *semimetais* potencialmente tóxicos a seres vivos. “Elemento traço” e “metal traço” são sinônimos, mas

química e quantitativamente, traço seria algo incapaz de ser detectado (ALLOWAY, 1990 apud ANDRADE; TAVARES; MAHLER, 2007, p. 67).

Metais pesados, mesmo em baixas concentrações, são tóxicos para a maioria dos seres vivos e também são introduzidos no ambiente por agrotóxicos (RICKLEFFS, 1996). Os metais presentes no solo classificam-se em *litogênicos e antropogênicos*. A concentração natural (*background levels*) dos *litogênicos* depende de rochas de origem, de processos de formação, da composição e proporção de componentes do solo (ANDRADE; TAVARES; MAHLER, 2007). Os níveis *antropogênicos* mais elevados surgem nas áreas com adições sucessivas de fertilizantes, corretivos de solo, agrotóxicos, deposições atmosféricas, efluentes, rejeitos, escórias, lodos e outros resíduos orgânicos e inorgânicos (ANDRADE; TAVARES; MAHLER, 2007).

Dos metais pesados, chumbo e mercúrio são os piores poluentes devido aos sérios riscos à saúde humana. O chumbo, utilizado em minerações, agrotóxicos, fertilizantes, tintas, cerâmicas, baterias, equipamentos médicos e elétricos e aditivo de combustíveis, é carcinogênico e se acumula no organismo, principalmente no cérebro, quando inalado ou ingerido. A intoxicação por chumbo chama-se plumbismo ou saturnismo, reduz o tempo e a qualidade de vida e pode levar à morte (ANDRADE; TAVARES; MAHLER, 2007).

Quanto aos *radionuclídeos*, os fertilizantes químicos utilizados na cana-de-açúcar possuem Urânio 238 ( $^{238}\text{U}$ ) e as perdas de  $^{238}\text{U}$  de solos agrícolas por lixiviação e escoamento superficial representam uma entrada antrópica de 43% para as águas superficiais do rio Corumbataí no período de chuvas. Além do  $^{238}\text{U}$  também entram pela adubação química, nos solos e nas águas da bacia do rio Corumbataí, os radionuclídeos  $^{234}\text{U}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  e  $^{40}\text{K}$  (CONCEIÇÃO, 2004).

Do ponto de vista radiométrico, os radionuclídeos mais importantes são o  $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$  e  $^{232}\text{Th}$ , encontrados em rochas, solos, na água e até no ar, que se transferem às plantas e animais e entram no corpo humano por alimentos, água ou inalação. Após pesquisas, o autor concluiu que a dose máxima ingerida anualmente pelo consumo de açúcar é de 15,09  $\mu\text{Sv}$ , cerca de 6% da dose efetiva anual estimada mundialmente. Portanto, o consumo de açúcar não representa risco à saúde humana do ponto de vista dos radionuclídeos analisados (CONCEIÇÃO, 2004).

Fertilizantes (NPK) e corretivos de acidez do solo (gesso) contribuem com todos os metais pesados e flúor (F). Os calcários trazem as maiores quantidades de cádmio (Cd). Os fertilizantes fosfatados (NPK) contribuem com  $^{238}\text{U}$  e  $^{40}\text{K}$  e o gesso com  $^{238}\text{U}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  (CONCEIÇÃO, 2004, p. 87). O quadro 1 demonstra todos os contaminantes antropogênicos (metais pesados e radionuclídeos) trazidos à região:

Quadro 1. Metais pesados e radionuclídeos incorporados ao solo e à água da área de estudo por meio da agricultura de cana-de-açúcar	
Aubos comerciais:	Sb, As, Be, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg, Tl, V, Zn, $^{238}\text{U}$ e $^{40}\text{K}$ .
Agrotóxicos:	As, Pb, Cu, Hg, Se, Tl, Zn.
Calcário:	As, Pb, $^{238}\text{U}$ , $^{226}\text{Ra}$ , $^{232}\text{Th}$ .
Irrigação:	Cd, Pb, Se.

**Fonte:** ANDRADE; TAVARES; MAHLER (2007, p. 73-74); CONCEIÇÃO (2004, p. 87).

Mas, quando aplicados nas quantias corretas, as concentrações dos compostos perigosos não sobem a níveis prejudiciais em solos, na cana-de-açúcar ou no açúcar e não oferecem riscos ao ecossistema ou à saúde humana: “[...] a contribuição de radionuclídeos dos fertilizantes fosfatados utilizados nas plantações brasileiras para a radioatividade natural em terras aradas é comparativamente pequena” (CONCEIÇÃO, 2004, p. 86).

O autor concluiu que “a utilização de fertilizantes fosfatados e corretivos agrícolas nas plantações de cana-de-açúcar na bacia do rio Corumbataí, *de acordo com as taxas recomendadas*, não oferece risco ao ecossistema e à saúde dos animais e dos seres humanos” (CONCEIÇÃO, 2004, p. 90, grifo nosso) e também que “o impacto radioativo e a radiação externa adicional para a população devido aos fertilizantes fosfatados NPK e corretivos agrícolas são mínimos” (CONCEIÇÃO, 2004, p. 91).

Os metais pesados tóxicos (Cd, Cr e Pb) ficaram abaixo do limite de detecção, indicando que, se houver uso das quantidades corretas de insumos agrícolas, a absorção dos contaminantes (metais pesados e radioativos) nas plantações de cana-de-açúcar será mínima. Consequentemente, não acontecerá a transferência para o açúcar e nem haverá riscos à saúde humana porque o açúcar possui baixa concentração de micronutrientes como

o Cu, Ni e Zn devido à absorção desses elementos pela cana de açúcar (CONCEIÇÃO, 2004).

O chumbo é um metal de difícil remoção do solo e o mercúrio vem se acumulando na atmosfera, mas a contaminação atmosférica deste metal pela indústria está diminuindo (ANDRADE; TAVARES; MAHLER, 2007). Porém, é preciso monitorar sua presença no ambiente para evitar casos de contaminação extrema e mortes como o da baía de Minamata (Japão), onde morreram 887 pessoas e 2209 ficaram com sequelas, vítimas da poluição. A extensão temporal dos efeitos é explicada porque o consumo e o bioacúmulo do metal produzem danos irreversíveis aos seres humanos (ANDRADE; TAVARES; MAHLER, 2007).

Acabamos de demonstrar perturbações ambientais que afligem a área de estudo e outras possíveis, como os contaminantes (metais pesados e radionuclídeos). No próximo item apresentamos uma proposta de solução sustentável e a longo prazo com plantas: a fitorremediação da área afetada.

### **3 Fitorremediação do local**

#### **3.1 Generalidades**

Os principais mecanismos utilizados na remediação de metais são a fitoextração, a fitoestabilização e a fitovolatilização (ANDRADE; TAVARES; MAHLER, 2007). A *fitoextração* remedia solos contaminados pelos metais Ag, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Zn e os radionuclídeos  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{238,234}\text{U}$  (EPA, 2000 apud ANDRADE; TAVARES; MAHLER, 2007).

A *fitoestabilização* remove chumbo, arsênio, cádmio, cromo, cobre, mercúrio e zinco e pode ser combinada com a fitoextração para remediar um local. As plantas mais comuns para isto são a *Agrostis tenuis cv Parys* (para o cobre), *Agrostis tenuis cv Coginam* (para chumbo ácido e zinco) e *Festuca rubra cv Merlin* (para chumbo calcário e zinco) (HENRY, 2000 apud ANDRADE; TAVARES; MAHLER, 2007).

A *fitovolatilização* ocorre pela ascensão e transpiração do poluente pela planta e liberação na atmosfera e usa-se na remediação da contaminação de águas subterrâneas por compostos orgânicos e metais pesados como Hg, As e Se, liberados em formas menos

tóxicas do que as absorvidas pela planta (EPA, 2000 apud ANDRADE; TAVARES; MAHLER, 2007).

Sobre a entrada de metais pesados na cadeia alimentar, as plantas podem transferir contaminantes do solo para níveis mais altos da cadeia trófica ou, ao contrário, atuar como importante barreira a essa transferência. Há quatro grupos: o *grupo 1* é o dos metais insolúveis no solo ou nas raízes fibrosas das plantas (Ti, Cr, Zr, Y, Ag e Sn); o *grupo 2* traz os elementos absorvidos nas raízes mas que não chegam suficientemente à parte aérea da planta e não se transferem à cadeia trófica (Hg, Pb, As). No *grupo 3* estão os metais que a planta não consegue se proteger contra a entrada na cadeia alimentar e são risco ambiental (Zn, Cu, Ni, B, Mn). No *Grupo 4* estão os elementos absorvidos e que causam intoxicação alimentar (Se e Mo, tóxicos e o Cd), principalmente *via arroz irrigado* quando é o principal alimento humano ou animal. O Co também faz parte deste grupo pois pode afetar a saúde de animais ruminantes em concentrações bem inferiores aos níveis *fitotóxicos* (ANDRADE; TAVARES; MAHLER, 2007). O Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) elaborou as listas de valores orientadores dos níveis tóxicos destes elementos químicos para solo e água para fazer a fitorremediação (ANDRADE; TAVARES; MAHLER, 2007, p. 41).

Há espécies vegetais *metalófilas* (*metalo* = metal + *filo* = amiga) capazes de sobreviver em locais com altos teores de metais tóxicos porque toleram a presença excessiva desses elementos, embora não anulem sua toxidez (ANDRADE; TAVARES; MAHLER, 2007). A alcalinidade dos solos também contribui para a precipitação de muitos metais porque em solos alcalinos os metais pesados formam compostos pouco solúveis. Alguns pesquisadores estudam o uso de ácidos para aumentar a absorção de metais por plantas (ANDRADE; TAVARES; MAHLER, 2007).

A absorção de elementos químicos pelas raízes ocorre principalmente por transporte de íons pela membrana plasmática e por adsorção destes na parede celular das células do córtex. A distribuição diferenciada dos metais pesados no tecido vegetal tem alguns dos principais mecanismos de tolerância, mas depende de características do meio e do metal. Normalmente, a absorção do solo decresce na ordem: Cd > Zn > Pb e o Cd é geralmente o metal mais biodisponível, que se transloca com mais facilidade na planta (ANDRADE; TAVARES; MAHLER, 2007).

A presença de plasmídeos é muito importante, pois possibilita a transferência da resistência entre bactérias e modifica processos de especiação em solos contaminados. Além disso, as associações simbióticas de plantas com fungos micorriza nos solos contaminados abrem uma nova dimensão a explorar porque modificam as interações entre plantas e metais e o volume de solo afetado pela presença vegetal (ERNEST, 1996 apud ANDRADE; TAVARES; MAHLER, 2007).

Após estas explicações gerais passaremos aos comentários específicos sobre fitorremediação, iniciando pelos solos.

### **3.2 Fitorremediação do solo**

Utiliza-se a *fitorremediação* para descontaminação de agrotóxicos, adubos químicos e redução da salinidade dos solos (plantas do gênero *Atriplex*) (ANDRADE; TAVARES; MAHLER, 2007). A técnica também serve para a extração de N e P em solos muito adubados orgânica e quimicamente:

Apesar de esse fato ser um problema pouco comum no Brasil (onde os solos são, em sua maioria, muito pobres nesses elementos) é uma questão que alcança consideráveis proporções principalmente na Europa e nos Estados Unidos, ocasionando prejuízo ambiental significativo, pois esses elementos, carregados hidricamente, acabam por contaminar as águas superficiais e subterrâneas (ANDRADE; TAVARES; MAHLER, 2007, p. 66).

Porém, a região do país onde vivemos, inclusive a área de estudo, é uma das mais urbanizadas e industrializadas do país, com a agricultura mais avançada tecnologicamente e comparável em produtividade e também nos impactos ambientais à de Europa e EUA. As plantas sugeridas para a remediação do N são a grama-do-leste, gramínea para alimentação animal com tecido bastante proteico que consome muito N. Algumas árvores também podem ser usadas no processo, tais como o choupo híbrido (*Populus deltoides* e *Populus nigra*) que reduz outros poluentes, N e P em águas superficiais e subterrâneas (FRICK et al. 1999 apud ANDRADE; TAVARES; MAHLER, 2007).

Compreendemos que o plantio de choupos (*Populus*) na mata ciliar a montante do lago é uma opção para reduzir a presença dos contaminantes de fertilizantes e herbicidas na área de estudo. Não somente herbicidas, mas também alguns inseticidas são

comprovadamente degradados com maior velocidade na rizosfera de algumas espécies de plantas do que em solos não vegetados (ANDRADE; TAVARES; MAHLER, 2007).

A fitorremediação pode ser melhorada com a *Engenharia Genética*, aplicada à remediação de agrotóxicos. Um exemplo é a soja transgênica resistente ao herbicida *glifosato*, de grande abrangência para diversas espécies de plantas invasoras ao cultivo de soja transgênica (ANDRADE; TAVARES; MAHLER, 2007). Os *corredores vegetais* (matas ciliares) são importantes para a flora, fauna e para a qualidade da água na região. Mas se não existem, é preciso reflorestar as margens dos rios para remediar e controlar a água subterrânea que se dirige ao rio e pode ser usado para prevenir a migração de pluma contaminada e para degradar os contaminantes contidos nela. Os mecanismos de remediação incluem a absorção de água, de contaminantes e o metabolismo das plantas. Os nutrientes e agrotóxicos estão entre os contaminantes orgânicos e inorgânicos solúveis em água que sofrem a atuação dessa tecnologia que impõe barreiras permeáveis químicas e físicas (ANDRADE; TAVARES; MAHLER, 2007).

Quando uma área possui a faixa de vegetação ciliar terrestre e aquática, elas protegem um solo estabilizado e reduzem-se a enxurrada, a transferência de sedimentos e a erosão eólica. Mas um local com vegetação terrestre totalmente destruída tem alta transferência de sedimentos e as plantas aquáticas ao longo das margens atuam como armadilhas que filtram sedimentos e nutrientes erodidos e, mesmo assim, reduzem a sua introdução nos ecossistemas aquáticos (DIBBLE, 2003). É deste assunto que trataremos na próxima subseção.

### **3.3 Fitorremediação do meio aquático da FEENA**

A fitorremediação do meio aquático da FEENA deveria se iniciar com o cordão de vegetação terrestre representado pela mata ciliar da região das cabeceiras dos córregos Ibitinga e Santo Antônio. A situação ideal seria um reflorestamento de toda a cabeceira da bacia hidrográfica que abastece o lago da FEENA, mas sabemos que isso não é possível. Talvez uma negociação entre proprietários agrícolas e Poder Público consiga criar cordões de isolamento um pouco mais largos em torno das nascentes e que não prejudiquem a renda das famílias ali instaladas.

Choupos e outras espécies terrestres poderiam ser plantadas na região das cabeceiras a montante da FEENA para diminuir erosão, assoreamento, poluição e contaminação da água do lago, o que reduziria grandemente a proliferação das macrófitas aquáticas e o uso de fundos públicos para obras de desassoreamento e de tratamento da água que abastece a população. Repetindo: “Deve considerar-se como unidade de ordenamento toda a bacia de escoamento ou de recepção” (ODUM, 1970, 2001, p. 22-23). Somente considerando-se toda a bacia hidrográfica como um sistema único e integrado de gestão da qualidade da água e do solo que os problemas ambientais do lago do córrego Ibitinga serão satisfatoriamente enfrentados.

Outro fato a considerar é que bactérias, algas e plantas superiores (macrófitas aquáticas) são usadas no tratamento de efluentes industriais ou sanitários, como nas estações de tratamento de esgotos (ANDRADE; TAVARES; MAHLER, 2007, p. 23-24). Porém, deve ficar bem claro que a área não é uma lagoa de despoluição utilizando macrófitas, mas um represamento de um córrego constantemente enriquecido com os excessos de nutrientes de fonte externa que já conhecemos. O lago fica superpovoado por macrófitas que não só o infestam, mas também atuam como despoluentes e descontaminantes de suas águas. O aguapé (*Eichhornia crassipes*), por exemplo, concentra metil mercúrio; ele e a taboa (*Typha domingensis*) possuem diversas outras virtudes (ANDRADE; TAVARES; MAHLER, 2007). Segundo os mesmos autores, além de as macrófitas serem capazes de fazer a fitorremediação ao absorver poluentes e contaminantes, elas também podem até deter ou diminuir o efeito estufa (ANDRADE; TAVARES; MAHLER, 2007). cremos que este assunto referente às mudanças climáticas deve ser matéria para pesquisas futuras.

## **Considerações finais**

### **Para aulas do ensino Superior**

Para o *Planejamento Regional*, a FEENA é um exemplo da desconsideração de toda a microbacia quando da implantação da reserva, incluindo as nascentes e a vegetação circundante de mata ciliar. Se isso tivesse ocorrido, a carga de nutrientes e de contaminantes seria muito menor do que a que atinge o lago atualmente. Isto aconteceria

porque a área para absorção dos subprodutos da atividade agrícola seria bem maior e teria capacidade de fitorremediar grande parte do problema de poluição e evitaria a eutrofização do lago. Somente considerando toda a bacia hidrográfica como um sistema único e integrado de gestão da qualidade da água e do solo, os problemas ambientais do lago do córrego Ibitinga serão satisfatoriamente enfrentados. Portanto, a volta do uso múltiplo do lago da FEENA depende de um trabalho sério que envolva o Poder Público, as Universidades e os proprietários da região das cabeceiras dos córregos Ibitinga e Santo Antônio.

Uma proposta de estudo científico é coletar amostras de sedimentos, aguapés e água no lago e em diversos outros pontos a montante, inclusive nas nascentes, e a jusante do barragem para verificar ocorrência e níveis de metais pesados ou de radionuclídeos.

Durante alguns meses a terra fica exposta nas cabeceiras a montante da FEENA, elevando as perdas de água e de solo na área das cabeceiras. Outro estudo seria calcular quantas toneladas de sedimentos descem morro abaixo e se depositam no lago do córrego Ibitinga, em um exercício de geoprocessamento para alunos de graduação.

De acordo com Andrade, Tavares e Mahler (2007) a fitorremediação é capaz de absorver poluentes e contaminantes e até mesmo diminuir o efeito estufa. Também esta sugestão é muito interessante para pesquisas futuras relacionadas à taxa de sequestro de carbono para cada espécie vegetal (terrestre ou aquática) envolvida na fitorremediação.

### **Para aulas do ensino básico**

Professores podem dividir o trabalho interdisciplinar teórico e prático dos conceitos referentes à estabilização das temperaturas, conforto climático, ilhas de calor (ou frio) e outros ligados à *climatologia*. Por exemplo, em dia de calor, alunos, familiares e amigos já devem ter ido à FEENA e sentido empiricamente a diferença de suas temperaturas e umidade em relação às da cidade. As disciplinas podem trabalhar os fatores que levam à diferença de temperatura: arborização ou não, pavimentação, distância das construções e muitos outros que interferem nas diferenças de temperatura entre a cidade e a FEENA. O aluno compreenderá o significado do conceito *microclima*.

Ao final dos estudos teóricos e práticos (uma possível visita de campo seria insuperável neste ponto) o aluno de ensino básico terá bem claro na mente e nas emoções que as plantas terrestres e aquáticas são de grande valor, pois prestam importantes *serviços ambientais* a custos muito mais baixos que os das demoradas e caras obras de engenharia. E os professores até podem iniciar um debate muito mais rico a respeito da legislação de proteção ambiental, como o código florestal.

Como a *Língua Portuguesa* é a base da aquisição da Ciência devido à leitura, interpretação e produção de textos e de outros materiais, é disciplina fundamental para a aquisição, reprodução e ampliação do conhecimento científico. A *Matemática* pode, por exemplo, auxiliar a Língua Portuguesa ao capacitar o aluno na interpretação e compreensão de dados de tabelas, gráficos e infográficos sobre os problemas ambientais analisados e também no levantamento e preparação de novos dados.

A *Biologia* pode tratar das características e dos serviços ambientais e econômicos das espécies de plantas terrestres (como as centenas de espécies de eucaliptos) e também das plantas aquáticas, macronutrientes, micronutrientes e etc. *Química e Física* podem trabalhar os conceitos de semimetals, metais, metais pesados. *Química, Biologia e Geografia* podem tratar juntas da poluição e da contaminação hídrica e do solo em uma salutar interdisciplinaridade. Pode-se trabalhar interdisciplinarmente os conceitos de erosão (eólica e hídrica), sedimentação, eutrofização, ambientes lóticos e lêntico e o efeito estufa.

A *Geografia* ainda pode comentar a localização geográfica, clima, uso do solo, o conceito de espaço geográfico e de paisagem, além, é claro, dos conceitos abordados neste texto.

A *História* pode, por exemplo, trazer conhecimentos sobre os objetivos da criação e existência do “Horto Florestal” (antigo nome da FEENA), no contexto da produção e exportação do café em Rio Claro em todo o Estado de São Paulo e do papel da ferrovia nesta atividade econômica e sua inserção econômica mundial da época, além de seu patrimônio, cultura, e muito mais. E, utilizando sua criatividade, muito mais pode ser feito por todos os professores(as) e suas turmas que estudarem a região.

Finalizando, propõe-se um texto didático interdisciplinar futuro sobre a criação e interligação dos corredores vegetais na região. Os referidos corredores trazem inúmeros

benefícios ecológicos e ao meio ambiente e pretendemos nos aprofundar neste tema em outra oportunidade.

### **Referências**

ANDRADE, J. C. M.; TAVARES, S. R. L.; MAHLER, C. F. **Fitorremediação: o uso de plantas na melhoria da qualidade ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BERTONI, J. LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990.

BRAGA NETTO, P. Sustentabilidade ameaçada. In: FONSECA, F. O. (Org.). **Olhares sobre o Lago Paranoá**. Brasília, DF: SMARH, 2001.

BRASIL. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9795.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9795.htm)>. Acesso em: 11 fev. 2013.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Geografia / Secretaria de Educação Fundamental**. Brasília, DF: MEC/ SEF, 1998.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Temas Transversais / Secretaria de Educação Fundamental**. Brasília, DF: MEC/ SEF, 1998.

CANAL RIO CLARO. **Prefeito de Rio Claro solicita rapidez nas ações pró Feena**. Divulgado em 9 Nov. 2012. Disponível em: <<http://www.canalrioclaro.com.br/noticia/12934/prefeito-de-rio-claro-solicita-rapidez-nas-acoes-pro-feena.html>>. Acesso em: 13 Mar. 2015.

CARVALHO, N. **Hidrossedimentologia Prática**. Rio de Janeiro, CPRM: 1994.

CONCEIÇÃO, F. T. **Comportamento geoquímico de radionuclídeos e metais pesados em solos da bacia do rio Corumbataí (SP)**. 2004. 128 p. Tese (Doutorado em Geologia Regional) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2004.

DAAE - Departamento Autônomo de Água e Esgotos de Rio Claro. **Sistema de Tratamento da Água**. Disponível em: <<http://www.daaerioclaro.sp.gov.br/pagina.geral.php?pagina=tratamento-agua>>. Acesso em: 14 set. 2014.

DIBBLE, E. D. O papel ecológico das plantas aquáticas nos corredores de biodiversidade. **Cadernos da Biodiversidade**, v. 5, n. 1, p. 1-10, jul. 2005.

FERRAGUT, C. **Efeitos do enriquecimento por N e P sobre a sucessão da comunidade de algas perifíticas, biomanipulação em reservatórios oligotróficos**. 1999. 123 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1999.

GOOGLE IMAGE. 2014. Image © 2014 CNES/Astrium Image © Digital Globe. Rio Claro (Figura 1 – de 19 de novembro de 2013).

GUIA RIO CLARO. **Pé no Chão espera regularização, Justiça não**. Publicada em: 11 abr. 2012. Disponível em: <<http://www.guiarioclaro.com.br/materia.htm?serial=151004175>>. Acesso em: 22 fev. 2015.

INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL (ISA). **Almanaque Socioambiental Parque Indígena do Xingu: 50 Anos**. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2011. Disponível em: <[http://www.socioambiental.org/sites/blog.socioambiental.org/files/publicacoes/10380\\_0.pdf](http://www.socioambiental.org/sites/blog.socioambiental.org/files/publicacoes/10380_0.pdf)>. Acesso em: 30 jun. 2014.

LEINZ, V.; AMARAL, S. E. **Geologia Geral**. 10. ed. São Paulo: Nacional, 1987.

MACRÓFITAS AQUÁTICAS. Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR). Programa de Biodiversidade (PROBIO). Disponível em: <[http://www.ufscar.br/~probio/macrophytas\\_page.html](http://www.ufscar.br/~probio/macrophytas_page.html)>. Acesso em: 12 mar. 2015.

ODUM, E. **Fundamentos de Ecologia**. 6. ed. Lisboa: Calouste Gulbenkian, 2001.

PLANO de Manejo da Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade (FEENA). **Informações Gerais sobre a FEENA**. 3.3. Histórico. Rio Claro: 2005a. V. I. p. 15-20. Disponível em: <<http://fflorestal.sp.gov.br/files/2012/01/Vol.I%20-%202003%20-%20203.3%20Historico.PDF>>. Acesso em: 18 fev. 2015.

\_\_\_\_\_. **Informações Gerais sobre a FEENA**. 4. Caracterização dos Fatores Abióticos da Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade – FEENA. Rio Claro: 2005b. V. I. p. 39-40. Disponível em: <<http://fflorestal.sp.gov.br/files/2012/01/Vol.I%20-%202004.%20Caracterizacao%20dos%20Fatores%20Abioticos%20da%20FEENA.PDF>>. Acesso em: 8 jul. 2014.

POTASH & Phosphate Institute of USA (PPI) and Potash & Phosphate Institute of Canada (PPIC). **Manual Internacional de Fertilidade do Solo**. Tradução de Alfredo Scheid Lopes. Piracicaba: Potafos, 1998.

RIBEIRO, S. L. **Ensino da formação territorial do Brasil com auxílio de cartografia**. 2011. 20 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ensino de Geografia). Rede São Paulo de Formação Docente (REDEFOR), Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2011. Disponível em: <<http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/ea000986a.pdf>>. Acesso em: 8 fev. 2015.

RIBEIRO, S. L.; ZAMPIN, I. C. Sensoriamento Remoto aplicado à Educação Ambiental no ensino básico com o exemplo da FEENA Rio Claro (SP). **Revista Científica do Centro Universitário de Araras** (UNAR) “Dr. Edmundo Ulson”, v. 9, p. 1-14, 2014. Disponível em:

<[http://revistaunar.com.br/cientifica/documentos/vol9\\_n2\\_2014/13.Sensoriamento%20aplicado%20a%20educacao%20ambiental.pdf](http://revistaunar.com.br/cientifica/documentos/vol9_n2_2014/13.Sensoriamento%20aplicado%20a%20educacao%20ambiental.pdf)>. Acesso em: 22 fev. 2015.

RICKLEFS, R. **A economia da natureza**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996.

SÃO PAULO (ESTADO). **Currículo do Estado de São Paulo**. Ciências Humanas e suas tecnologias: Geografia. São Paulo: SEE, 2010.

SÃO PAULO (ESTADO). **Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade recebe recursos do Governo Estadual**. Disponível em:

<<http://fflorestal.sp.gov.br/2012/11/07/floresta-estadual-edmundo-navarro-de-andrade-recebe-recursos-do-governo-estadual/>>. Acesso em: 15 mar. 2015.

SÃO PAULO (ESTADO). **Fundação Florestal. Desassoreamento revitaliza o lago da FEENA**. Disponível em: <<http://fflorestal.sp.gov.br/2013/03/14/dessassoreamento-revitaliza-o-lago-da-feena/>>. Acesso em: 15 mar. 2015.

SÃO PAULO (ESTADO). **FEENA recebe novas mudas de palmeiras imperiais**.

Disponível em: <<http://fflorestal.sp.gov.br/2013/07/19/feena-recebe-novas-mudas-de-palmeiras-imperiais/>>. Acesso em: 15 mar. 2015.

VIERTLER, R. B. **Os Kamayurá e o Alto Xingu**. Instituto de Estudos Brasileiros da USP. São Paulo: USP, 1969.