



Vol. III

CIÊNCIAS AMBIENTAIS

EDITORES | Profa. Dra. Nara Lucia Perondi Fortes | Prof. Dr. Paulo Fortes Neto

Profa. Dra. Nara Lucia Perondi Fortes

Prof. Dr. Paulo Fortes Neto

ORGANIZADORES

CIÊNCIAS AMBIENTAIS

Vol. III



Taubaté-SP | 2019

Expediente

Administração Superior

Reitor: Prof. Dra. Nara Lúcia Perondi Fortes
Vice-reitor: Prof. Dr. Jean Soldi Esteves
Pró-reitor de Pesquisa e Pós-graduação: Dra. Sheila Cavalca
Pró-reitor de Extensão: Prof. Dra. Leticia Maria P. da Costa
Pró-reitor de Graduação: Ma. Angela Popovici Berbare

Pró-reitor de Economia e Finanças: Francisco José Grandinetti

edUNITAU

Diretor Presidente: Prof. Dra. Nara Lúcia Perondi Fortes

Conselho Editorial

Presidente: Prof. Dra. Leticia Maria P. da Costa
Diretor Editorial: Profa. Dra. Vera Lúcia Batalha de Siqueira Renda
Coordenadora Editorial: Profa. Ma. Ana Beatriz Rodrigues Pelógia

Revisão

Profa. Ma. Andrea Alda de Oliveira Ferreira – GELP-UNITAU
Profa. Ma. Adriana Milharezi Abud – GELP-UNITAU
Profa. Ma. Roseli Hilsdorf Dias Rodrigues – GELP-UNITAU
Profa. Ma. Silvia Regina Ferreira Pompeo Araújo – GELP-UNITAU

Projeto Gráfico

ACOM-NDG
Diagramação: Karina R. Dias
Capa: Rodrigo Abreu

Colaboração

Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBi UNITAU
Coordenação: Márcia Marai de Moura Ribeiro
Ana Beatriz Ramos

SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas / UNITAU Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Maria Ap. L. de Souza – CRB-9087

F738c Fortes, Nara Lucia Perondi. [Org.].
Ciências ambientais. / Nara Lucia Perondi Fortes (Org.); Paulo Fortes Neto (Org.)
– V. 3. Taubaté/SP: EdUnitau, 2019.
e-book.

Formato: PDF
Requisitos do sistema: Adobe
Modo de acesso: Público
ISBN : 978-85-9561-114-6

1. Ciências ambientais. 2. Impacto ambiental. I. Fortes Neto, Paulo (org.). II.
Título.

CDD 363.7

Índice para catálogo sistemático

1. Ciências ambientais 363.7
2. Impacto ambiental 363.714

Copyright © by Editora da UNITAU, 2019

Nenhuma parte desta publicação pode ser gravada, armazenada em sistema eletrônico, fotocopiada, reproduzida por meios mecânicos ou outros quaisquer sem autorização prévia do editor.

COMITÊ EDITORIAL

Eduardo Sonnewend Brondizio

Indiana University Bloomington

Elizabeth da Costa Neves Fernandes de Almeida Duarte

Universidade de Lisboa

Maria da Graça Ribeiro Campos

Universidade de Coimbra

Nelson Wellausen Dias

Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

Ofélia Maria Serralha dos Anjos

Instituto Politécnico de Castelo Branco

Silvio Jorge Coelho Simões

Universidade Estadual Paulista

**Programas de Pós-graduação em Ciências Ambientais (PPCA) -
Acadêmico e Profissional**

Coordenador Geral

Prof. Dr. Marcelo dos Santos Targa

Coordenadora Adjunta do PPCA - Acadêmico

Profa. Dra. Ana Aparecida da Silva Almeida

Linha de Pesquisa 1:

Composição e Processos Estruturantes de Bacias Hidrográficas

Coordenador Adjunto do PPCA - Profissional

Prof. Dr. Paulo Fortes Neto

Linha de Pesquisa 1:

Composição, Estrutura e Processos do Ambiente Natural

Linha de Pesquisa 2:

Transformação e Construção do Ambiente Humano

PREFÁCIO

A questão Ambiental trouxe, para o século 21, uma busca incessante de soluções para adaptação e mitigação aos impactos das mudanças climáticas, da degradação e perda das características originais dos recursos naturais do planeta Terra. Durante a ECO-92 ou RIO-92, realizada no Rio de Janeiro em 1992, a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento lançou a Agenda 21, um instrumento que busca sistematizar um plano de ações que objetivam alcançar o “desenvolvimento sustentável”. Desde então, a Agenda 21 Global vem norteando esse novo padrão de desenvolvimento e servindo de instrumento de planejamento participativo para as sociedades civis. Da mesma forma, a Agenda 21 brasileira, implementada em 2003, passou a subsidiar a elaboração de Agendas Locais a serem construídas nas esferas municipais ou em outros arranjos territoriais, como, por exemplo, bacias hidrográficas e regiões metropolitanas.

Neste sentido, o conhecimento gerado pela Academia, em suas diferentes escalas de espaço-tempo e abordagens, vem embasando os tomadores de decisão e aqueles que elaboram políticas públicas, bem como respaldando as mudanças de comportamento da sociedade para a meta central da sustentabilidade. Iniciativas de caráter prático advindas da pesquisa científica surgem a cada dia, procurando minimizar ou apontar soluções para os impactos das ações humanas como um todo, bem como tentando conciliar questões ambientais, sociais e econômicas.

O Brasil é um vasto campo para a pesquisa científica ambiental. A sua grande extensão territorial, a diversidade de biomas, a exploração de recursos naturais renováveis ou finitos, as vastas áreas de produção agrícola e uma grande massa de população carente, são temas das Ciências

Ambientais em aspectos que perpassam suas dimensões ambientais e humanas. O caráter interdisciplinar, que utiliza como base as ciências físicas, naturais e sociais, procura agregar os diversos saberes para compreender, descobrir e apontar soluções para os problemas do mundo em transição.

A sustentabilidade, meta e eixo central das Ciências Ambientais, começa pelo conhecimento das ações humanas, suas influências no ambiente natural e nas sociedades visando a manutenção e adaptação dos sistemas terrestres. Assim propomos aos leitores da presente obra que venham a descobrir nos quatro capítulos expostos a seguir, respostas para questões de envolvem tanto o capital natural como capital humano. Como pergunta central podemos ter “quais recursos estão sendo estudados e como seu entendimento pode significar a manutenção do capital natural para o bem-estar humano?” Esta questão é uma premissa básica do conceito de Desenvolvimento Sustentável.

Profa. Dra. Simey Thury Vieira Fisch

Prof. Dr. Gilberto Fisch

APRESENTAÇÃO

É com grande satisfação que o livro seriado "CIÊNCIAS AMBIENTAIS" apresenta para o público em geral o seu terceiro volume. Uma publicação resultante da produção científica de professores e alunos do Programa de Ciências Ambientais que trazem resultados e análise de assuntos relacionados às questões ambientais e suas interfaces com o social e econômico.

O livro é composto por quatro capítulos abordando temas diversos, resultantes das dissertações e das atividades realizadas nas disciplinas obrigatórias e eletivas do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais (Profissional e Acadêmico). No primeiro capítulo apresentamos o texto de Joceli Mota Corrêa da Rocha, Flávio José Nery Conde Malta e Maria Dolores Alves Cocco, com uma abordagem sobre as ações implantadas pelos órgãos municipais com o objetivo de manter a conservação e preservação da biodiversidade no parque municipal urbano de Pimenta Bueno-RO. No segundo capítulo, os autores Jessica Milani, Paulo Fortes Neto, Nara Lucia Perondi Fortes, Mariko Ueno, Eliana Maria de Araújo Mariano da Silva e Isabel Cristina de Barros Trannin relatam a sobre a eficiência do tratamento da secagem e higienização do lodo de esgoto em estufa plástica aquecida pela radiação solar. No terceiro capítulo a água é o foco de André Luiz Rezende Ferreira, Getúlio Teixeira Batista e Marcelo dos Santos Targa, nele os autores apresentam a descrição do cálculo da pegada hídrica aplicada à pecuária e ao reflorestamento de eucalipto na região do Vale do Paraíba do Estado de São Paulo. No quarto capítulo os autores Silvio Jorge Coelho Simões e Luciene Gomes descrevem sobre os processos erosivos na fronteira agrícola situada entre o Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia (MATOPIBA).

Assim, ficam os nossos agradecimentos aos autores e colaboradores que, juntos, construíram esse exemplar, e desejamos a todos uma excelente leitura.

Profa. Dra Nara Lucia Perondi Fortes

Prof. Dr. Paulo Fortes Neto

SUMÁRIO

Capítulo 1

A relevância das áreas verdes urbanas: um estudo de caso sobre o parque natural do município de Pimenta Bueno-RO

Joceli Mota Correa da Rocha, Flávio Jose Nery Conde Malta e Maria Dolores Alves Cocco.....11

Capítulo 2

Avaliação da secagem e higienização do lodo de esgoto em estufa plástica

Jéssica Milani, Paulo Fortes Neto, Nara Lúcia Perondi Fortes, Mariko Ueno, Eliana Maria de Araújo Mariano da Silva e Isabel Cristina de Barros Trannin.....34

Capítulo 3

Pegada Hídrica em função da transformação do uso da terra da pecuária para a eucaliptocultura no Vale do Rio Paraíba do Sul

André Luiz Rezende Ferreira, Getúlio Teixeira Batista e Marcelo Santos Targa.....55

Capítulo 4

Processos erosivos na fronteira agrícola do MATOPIBA: Fragilidade do meio físico natural e dinâmica do uso da terra em função da transformação do uso da terra

Silvio Jorge Coelho Simões e Luciene Gomes.....78

Orientações para elaboração do capítulo.....111

Sobre os autores.....113

CAPÍTULO 1

A relevância das áreas verdes urbanas: um estudo de caso sobre o parque natural do município de Pimenta Bueno-RO¹

Joceli Mota Correa da Rocha², Flávio Jose Nery Conde Malta³, Maria Dolores Alves Cocco³

INTRODUÇÃO

Nos estudos sobre áreas verdes urbanas estão sendo considerados os aspectos de regulação térmica e a capacidade de fixação de carbono pelas plantas que serão utilizadas no plantio das áreas verdes. Pois a temperatura vem se elevando devido às emissões de CO₂ ocasionada pela queima de florestas, consumo de combustíveis fósseis e a poluição pelo descarte inadequado de resíduos. O Homem tem o direito de usufruir dos bens naturais comuns a todos, onde se pode construir, usar ou dispor de recursos naturais, porém precisa respeitar o coletivo e pensar que virão outras gerações que vão precisar de um ambiente adequado para sua sobrevivência e permanência.

O processo de formação do cidadão precisa acontecer de maneira que o indivíduo possa participar e conscientizar-se para uma mudança de hábitos e comportamentos que condizem com os valores sociais, morais e culturais.

¹ Este capítulo é derivado de parte da disciplina Planejamento Ambiental do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Taubaté, SP, Brasil.

² Faculdade de Pimenta Bueno (FAP), Avenida Rio Branco, 780, Centro, CEP: 67970000, Pimenta Bueno, RO, Brasil.

³ Universidade de Taubaté, Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, Departamento de Ciências Agrárias, Estrada Municipal Dr. José Luís Cembranelli, 5000, Fazenda Piloto – Itaim, CEP 12081-010, Taubaté, SP, Brasil, e-mail: flaviomalta@terra.com.br

No aspecto ambiental, a temática da Educação Ambiental, juntamente com a legislação pertinente, busca a conscientização para o processo de conservação e preservação do ambiente natural.

A Carta Magna, Constituição Federal de 1988, a Lei 9985/2000 que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da natureza – SNUC e toda a legislação de Direito Ambiental é uma forma legal de defesa dos espaços naturais, entretanto, o fato é que as florestas são invadidas e exploradas de maneira predatória.

A falta de fiscalização por parte dos órgãos competentes, a conscientização da população, ações mais incisivas do poder público e políticas públicas mais eficientes.

O estudo em questão centra-se em uma área verde urbana do município de Pimenta Bueno, situado da região amazônica, no Estado de Rondônia. Esse município foi colonizado de maneira agressiva e abrupta por garimpeiros, agricultores abrindo clareiras na mata virgem. Assim como os demais municípios da região, a área urbana foi crescendo, a população aumentando e as áreas verdes diminuindo.

Os rios foram contaminados por metais pesado da atividade de garimpagem. Esse contexto faz parte do fator histórico da maioria dos municípios da região amazônica o que reforça a necessidade de uma mudança na cultura ambiental para dar um basta em ações negativas para com o meio ambiente.

Foi instituída no município de Pimenta Bueno uma Área de Preservação Permanente – APP, o Parque Natural Municipal Urbano. Essa área sofreu dois processos de incêndio de grande proporção que causou muita destruição com a perda de espécies nativas arbóreas e animais que habitavam o local. O Parque ficou com sua vegetação sobrevivente bem rala, com grandes clareiras e solo descoberto. Além disso, outro fator que

prejudica a qualidade ambiental e quantidade de resíduos sólidos urbanos que são descartados nos arredores do Parque.

Verifica-se assim, diante do contexto apresentado, a necessidade de ações mais incisivas do poder público, bem como a conscientização da comunidade local sobre a relevância das áreas verdes urbanas.

Para melhor compreender a problemática da conservação e preservação da biodiversidade no caso do Parque Urbano de Pimenta Bueno, realizou-se um estudo qualitativo, no qual são identificadas as ações do poder público e sua eficiência. Os procedimentos metodológicos incluem a coleta de informações em documentos públicos, como, por exemplo, o Termo de Acordo e Conduta – TAC, datado do ano de 2011. Também são utilizadas referências bibliográficas pertinentes ao tema para subsidiar as análises das questões identificadas no estudo.

Assim, o presente capítulo irá apresentar uma análise das ações implantadas pelos órgãos municipais com o objetivo de manter a conservação e preservação da biodiversidade no parque natural urbano do município de Pimenta Bueno-RO.

DESENVOLVIMENTO

Conservação e preservação da biodiversidade e a legislação ambiental.

Em termos ambientais, muito se discute sobre conservação e preservação, conceitos que se diferenciam nas Ciências Ambientais e que estão presentes na legislação brasileira, conforme preceitua a Lei 9985/2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da natureza - SNUC.

Assim, o artigo 2º da referida lei, nos incisos II e V dispõe sobre conservação e preservação:

Art. 2º Para os fins previstos nesta Lei, entende-se por:
[...]

II - conservação da natureza: o manejo do uso humano da natureza, compreendendo a preservação, a manutenção, a utilização sustentável, a restauração e a recuperação do ambiente natural, para que possa produzir o maior benefício, em bases sustentáveis, às atuais gerações, mantendo seu potencial de satisfazer as necessidades e aspirações das gerações futuras, e garantindo a sobrevivência dos seres vivos em geral;

III - diversidade biológica: a variabilidade de organismos vivos de todas as origens, compreendendo, dentre outros, os ecossistemas terrestres, marinhos e outros ecossistemas aquáticos e os complexos ecológicos de que fazem parte; compreendendo ainda a diversidade dentro de espécies, entre espécies e de ecossistemas;

IV - recurso ambiental: a atmosfera, as águas interiores, superficiais e subterrâneas, os estuários, o mar territorial, o solo, o subsolo, os elementos da biosfera, a fauna e a flora;

V - preservação: conjunto de métodos, procedimentos e políticas que visem à proteção a longo prazo das espécies, habitats e ecossistemas, além da manutenção dos processos ecológicos, prevenindo a simplificação dos sistemas naturais

É relevante que esses conceitos estejam presentes na legislação, pois detalha o uso dos recursos naturais que não pertencem apenas a alguns indivíduos da população, mas sim ao coletivo. O uso consciente destes recursos hoje, garante a sobrevivência das gerações futuras com água potável, alimentos, clima favorável e a qualidade de vida para ambos. Ainda sobre o conceito de Conservação, Maia (2013) destaca que são decisões tomadas e ações executadas pelos governos, organizações e cidadãos, para proteger os solos, as águas dos rios e dos oceanos, a fauna e a flora da destruição, poluição ou desperdício. Conservação é utilizar com cuidado, sem destruir a capacidade da natureza de se renovar e de se recuperar ao longo do tempo.

A preservação da natureza implica decisões e ações executadas por governos, organizações e cidadãos, para proteger a natureza contra a destruição ou contra mudanças que perturbem o equilíbrio e a harmonia entre as plantas, os animais e o ambiente. Preservar implica não utilizar, deixar a natureza como ela é, na sua condição original, sem interferências humanas.

Ao verificar o conceito preceituado por Maia (2013) fica evidente que mesmo sabendo que o poder público tem responsabilidades e obrigações para com o meio ambiente. Cabe a cada cidadão uma postura consciente nas suas ações capaz de radicalmente mudar sua prática com relação ao uso dos recursos naturais, com responsabilidade, ética e cidadania.

Neste mesmo contexto Machado *et al.* (2013) argumentam que:

“Com o legado da revolução industrial marcada pela devastação de áreas naturais como fonte de energia e matéria prima, pelo desordenamento urbano e pela atividade agrícola, estimulou alguns países no estabelecimento de áreas naturais protegidas, visando reduzir as perdas da biodiversidade face à degradação ambiental imposta pela sociedade”.

Desse modo, Agostinho *et al.* (2005) abordam sobre a preocupação com a biodiversidade no Brasil, cuja importância tem crescido acentuadamente nas últimas duas décadas, e que vem acompanhada pelo aumento de organizações conservacionistas não governamentais e pela legislação ambiental. Além disso, agências governamentais relevantes consolidaram-se e expandiram-se, levando à criação do Ministério do Meio Ambiente. Várias áreas protegidas foram criadas desde o início dos anos 80 e a mídia tem dado atenção crescente para a conservação da vida silvestre.

O Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA, criado pela Lei nº 6.938/1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, preceitua no art. 2º a Política Nacional do Meio Ambiente, que tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no país, condições para o desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana, atendidos os seguintes princípios:

- I - ação governamental na manutenção do equilíbrio ecológico, considerando o meio ambiente como um patrimônio público a ser necessariamente assegurado e protegido, tendo em vista o uso coletivo;
- II - racionalização do uso do solo, do subsolo, da água e do ar;
- III - planejamento e fiscalização do uso dos recursos ambientais;
- IV - proteção dos ecossistemas, com a preservação de áreas representativas;
- V - controle e zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras;
- VI - incentivos ao estudo e à pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais;
- VII - acompanhamento do estado da qualidade ambiental;
- VIII - recuperação de áreas degradadas;
- IX - proteção de áreas ameaçadas de degradação”

Nessa mesma ênfase, a referida lei, no art. 6º, deixa claro que os órgãos e entidades da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos Territórios e dos Municípios, bem como as fundações instituídas pelo Poder Público, responsáveis pela proteção e melhoria da qualidade ambiental, constituirão o Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA, composto por um órgão central, órgãos executores, órgãos seccionais e órgãos locais. Cada qual com uma finalidade distinta, sendo que os órgãos locais correspondem a entidades municipais que são os responsáveis pelo controle

e fiscalização das atividades degradadoras do ambiente nas suas respectivas jurisdições.

Ainda em consonância com a legislação, Oliveira e Monteiro (2014), explicam que o Órgão Executor do SISNAMA, por sua vez, foi criado por meio da Lei nº 7.735/1989. O IBAMA é responsável pela execução da Política Nacional do Meio Ambiente e desempenha diversas atividades voltadas à conservação e preservação dos recursos naturais, como a fauna e a flora. É também responsável pela expedição e renovação de registros e licenças ambientais. Cabe a cada instância cumprir seu papel, seja ele o de executar políticas, de expedição, licenças ambientais, fiscalizar, controlar, executar programas, planos de ação. O fato é que uma vez que essas funções deixam de ser realizadas dando margem às consequências e danos no meio ambiente. Destarte, é preciso estudar os problemas que acerbam a biodiversidade e o meio ambiente em geral do contexto do município de Pimenta Bueno, visto que o fato de criar as APP's, como o Parque Urbano, não diminui a responsabilidade do poder público quanto à conservação e preservação, assim como da comunidade em geral.

Caracterização do parque natural urbano

O Município de Pimenta Bueno, conforme Lorezon (2002), foi elevado à condição de Município por meio da Lei Federal n.º 6.448, artigo 47 de 11 de outubro de 1977, e sua emancipação político-administrativa ocorreu em 24 de novembro de 1977 (Figura 1).

O povoamento em Pimenta Bueno foi iniciado, segundo Adamy (2005), aproximadamente no ano de 1959, com alguns garimpeiros que chegaram com sua família, fizeram suas casas e também construíram uma pista de pouso para atrair e facilitar a chegada de compradores de diamante

e posteriormente, na década de 70, cresce a migração por incentivo do governo por meio do INCRA. Esse fluxo migratório provocou grandes modificações no cenário ambiental devido à derrubada de matas em larga escala para construção de casas, plantação e criação de gado.



Figura 1. Mapa do estado de Rondônia e a indicação do município de Pimenta Bueno (Lorezon, 2002).

A história de povoamento de Pimenta Bueno não foi diferente dos municípios que formam o Estado de Rondônia. Aonde famílias de diversas regiões do país vieram em busca de terra. Para isso, a orientação do INCRA era que desmatassem, abrissem a mata fechada, e assim as famílias construíram suas casas com madeira retirada das áreas de florestas. Após estes fatos, iniciou-se a plantação de mandioca, banana, café e criação de gado. Já a área urbana cresceu desordenadamente sem planejamento, visto que na maioria dos bairros é precário o saneamento básico e o lixo é disposto a céu aberto.

Uma porção natural de mata, na região de área industrial do município, foi preservada e houve a iniciativa do poder público para sua conservação, surgindo e assim o “Parque Natural Urbano” de Pimenta Bueno, criado sob a Lei N.º 989/G.P/2003 de 20 de março de 2.003. No art. 1º desta lei, é possível observar a descrição da área e a responsabilidade por sua manutenção.

“Art. 1º - Fica criado o Parque Urbano Natural Municipal de Pimenta Bueno, com uma área aproximada de 358.857,51 M2, Setor 07, Quadra 76, com as seguintes confrontações: Norte: Lotes 05 ao 20 (Q.74 – setor 07), Sul: Rua Joaquim Munis de Almeida, Este: Av. Curitiba e Oeste: Lotes 05 ao 19 (Q.74 – Setor 07), subordinada à Secretaria Municipal de Agricultura, Meio Ambiente e Turismo.”

Destaca-se ainda que no art. 2º da referida lei, cabe à Secretaria Municipal Agricultura, Meio Ambiente e Turismo firmar acordos e convênios com entidades públicas e privadas para a urgente e perfeita implantação do Parque Urbano.

A partir da data de sua criação, os avanços para a preservação ou conservação da biodiversidade ali existente ainda são insuficientes. Como o Parque Urbano teve uma porção da área de vegetação devastada, isto requer uma reconstituição imediata da área. Segundo Araújo (2014), as florestas modificadas denotam feições de implementação de esforço intencional e concentrado para a recomposição/reconstituição da vegetação com suas características e funções ecológico-ambientais, o que demanda outros instrumentos de planejamento ambiental, como os Planos de Manejo, previstos na Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012, que institui o Novo Código Florestal brasileiro.

Importância das áreas verdes para a qualidade da vida urbana

O planeta Terra é rico em recursos naturais que oferecem aos seres humanos e a todas as espécies viventes os meios necessários para sua sobrevivência. Como tudo isso não tem um custo explícito para a sociedade e por quem consome, muitos recursos naturais não são preservados ou cuidados e acabam poluídos, quando não exauridos.

Nessa relação o ser humano devolve à natureza seus resíduos e o gás metano, entre outros, que acabam provocando doenças e comprometendo a qualidade de vida das populações.

Nas áreas urbanas, isso é ainda mais grave quando os ambientes são construídos, diminuindo as áreas naturais e aumentando a necessidade dos que vivem nestas áreas, comprometendo o consumo da água, do ar, da energia e da produção do alimento.

Esse consumo gera resíduo e esses resíduos vêm crescendo de maneira exponencial sem o mínimo de cuidados ou tratamento, tornando preocupante a maneira como o ser humano vem se relacionando com a natureza que o cerca, muitas vezes de maneira inconsciente.

Sem dúvida a urbanização, constitui uma das forças mais relevantes no universo do século 21. Quase a metade dos atuais 6,7 bilhões de habitantes na Terra vive em áreas urbanas e essa proporção chegará a 60% até 2030. Todo o crescimento de cidades que aconteceu na história da humanidade até hoje está prestes a ser duplicado em pouco mais de uma geração. A importância ambiental das cidades é potencializada pelo papel crucial dessas na estrutura atual do desenvolvimento econômico (MARTINE, 2013).

É exatamente devido a falta de consciência ambiental na relação ser humano-natureza que se faz necessária uma educação capaz de sensibilizar o ser humano de modo a fazê-lo pensar sobre toda ação exercida sobre a natureza. Todo comportamento ambiental degradante provocará um

impacto, uma transformação no ambiente e um retorno muitas vezes desagradável, como é o caso das enchentes nas áreas urbanas e rurais, que provocam o aparecimento de doenças tipicamente urbanas como dengue, leptospirose, toxoplasmose, tétano, hepatite, dermatites, verminoses, entre outras. A falta de saneamento ambiental básico também corrobora para a proliferação de tais doenças.

É preciso observar que um dos motivos para que isto ocorra é o crescimento das áreas urbanas sem planejamento, em que as aglomerações humanas vão surgindo improvisadamente sem o mínimo de condições de saneamento ambiental.

Conforme Lima e Amorim (2011):

“Se considera que o ambiente urbano é formado pelo sistema natural (meio físico e biológico) e pelo sistema antrópico (constituído pela sociedade e suas atividades). Entretanto, não funciona como um ambiente fechado onde a sociedade encontra tudo o que necessita, mas sim como um sistema aberto, dependendo de recursos do meio ambiente. Ao ocupá-lo e utilizá-lo para a construção das cidades e/ou sua expansão, a sociedade altera o meio natural através da retirada da cobertura vegetal para construir estradas, casas e equipamentos públicos sem planejar os espaços que estão sendo alterados. Muitas vezes essas construções são em locais inapropriados ou mesmo sem os cuidados mínimos quanto ao relevo, aos corpos d’águas e nascentes; as construções não obedecem à drenagem natural das águas relacionadas às declividades dos terrenos podendo ocasionar enchentes, deslizamentos e outros danos que prejudicam a população residente nesses locais.”

Os autores ainda apontam que a falta de vegetação nas áreas verdes e espaços públicos destinados ao lazer e à recreação da população também é considerado um problema que interfere na qualidade ambiental nos espaços urbanos, assim como na qualidade de vida da população.

Por outro lado, também podem ocorrer em decorrência de ocupações humanas, fruto de planejamentos inadequados que acabam invadindo áreas de matas naturais, derrubando árvores nativas e provocando a proliferação, por exemplo, de mosquitos hospedeiros nos espaços urbanos.

São muitos os problemas e questões ambientais presentes na relação ser humano – natureza em áreas urbanas e que podem ser citados para se oportunizar uma reflexão sobre como mudar este quadro de impactos ambientais nas cidades.

Sem dúvida, uma forma de combate aos problemas ambientais é a conscientização e isso é possível com o árduo trabalho da educação, como um processo de aculturação do ser humano para uma mudança de hábitos, de atitudes e comportamento.

Nesse sentido, Rodriguez e Silva (2009) apresentam a Educação Ambiental como um dos meios para se conseguir uma nova adaptação cultural dos seres humanos aos sistemas ambientais urbanos utilizando técnicas, atitudes e conceitos ecológicos como um meio de se superar a crise ambiental atual.

A Resolução Nº 2, de 15 de junho de 2012, do Ministério da Educação, define o importante papel da Educação Ambiental para o processo de transformação do indivíduo, desde os primeiros anos escolares, por meio de novos conteúdos programáticos, experiências e exercícios no trato da natureza como forma de conscientização. Entre os objetivos previstos nesta Resolução estão:

“I - sistematizar os preceitos definidos na citada Lei, bem como os avanços que ocorreram na área para que contribuam com a formação humana de sujeitos concretos que vivem em determinado meio ambiente, contexto histórico e sociocultural, com suas condições físicas, emocionais, intelectuais, culturais;

II - estimular a reflexão crítica e propositiva da inserção da Educação Ambiental na formulação, execução e avaliação dos projetos institucionais e pedagógicos das instituições de ensino, para que a concepção de Educação Ambiental como integrante do currículo supere a mera distribuição do tema pelos demais componentes;

III - orientar os cursos de formação de docentes para a Educação Básica;

IV - orientar os sistemas educativos dos diferentes entes federados.

Art. 2º A Educação Ambiental é uma dimensão da educação, é atividade intencional da prática social, que deve imprimir ao desenvolvimento individual um caráter social em sua relação com a natureza e com os outros seres humanos, visando potencializar essa atividade humana com a finalidade de torná-la plena de prática social e de ética ambiental.”

A conscientização dos cidadãos sobre os danos causados ao meio ambiente pelas atividades humanas feitas de forma inadequada vem crescendo nas últimas décadas no Brasil. Seja nas atividades industriais, seja na agricultura ou em seus próprios lares, essas atividades têm gerado efluentes e resíduos sólidos, líquidos e gasosos, que, sendo lançados em locais inapropriados acabam por poluir e contaminar a atmosfera, o solo e a água. A poluição vai existir toda vez que esses resíduos (sólidos, líquidos ou gasosos) produzidos pelo ser humano ou por microrganismos, lançados na natureza, forem superior à capacidade de depuração do meio ambiente, provocando alterações no equilíbrio e na sobrevivência das espécies (PERNA *et al.*, 2014).

Também, Diaz *et al.* (2002) alertam que o uso do fogo no sistema produtivo da Amazônia gera externalidades para a sociedade como um todo. Os principais danos identificados são a emissão de gases para a atmosfera e as doenças respiratórias provocadas pela fumaça. Outros prejuízos são o fechamento de aeroportos, interrupção nas redes de energia e acidentes de

trânsito pela falta de visibilidade nas estradas. Essas externalidades negativas são causadas tanto pelo fogo intencional (queimadas agrícolas) quanto pelo fogo acidental.

Assim, quem sofre com as consequências das queimadas é o próprio ser humano, o protagonista da ação criminosa de jogar lixo e atear fogo em locais impróprios e/ou proibido.

Neste contexto as áreas verdes podem ser consideradas muito importantes para a população urbana, pois contribui, entre outros aspectos, para diminuir a poluição sonora, reduzir a velocidade dos ventos, e, assim, contribuir para o equilíbrio do clima, visto que as grandes áreas construídas geram excessivo calor e aumento da temperatura.

Com essa realidade, o que se percebe é que a população acaba vivendo uma crise civilizatória, o que Sorrentino *et al.* (2005) aborda em seus estudos pleiteando que a Educação Ambiental é a estratégia possível para o enfrentamento da crise civilizatória que se impõe na relação ser humano-natureza, como vemos a seguir:

“... a educação ambiental surge como uma das possíveis estratégias para o enfrentamento da crise civilizatória de dupla ordem, cultural e social. [...] trata de uma mudança de paradigma que implica tanto uma revolução científica quanto política. As revoluções paradigmáticas, sejam científicas ou políticas, são episódios de desenvolvimento não cumulativo nos quais um paradigma antigo é substituído por um novo, incompatível com o anterior.”

Talvez o grande problema que o ser humano tem enfrentado na atualidade decorre do fato de ainda não ter percebido sua dependência vital com a natureza.

O impacto humano sobre o Planeta Terra está atrelado aos recursos utilizados ou desperdiçados por pessoa. O impacto máximo que o

Planeta ou qualquer ecossistema pode tolerar é a sua capacidade de recuperação, ou resiliência, que pode ser aumentada por meios tecnológicos, mas normalmente isto acarreta a redução da diversidade biológica ou de serviços ecológicos. Se os seres humanos aumentarem o nível de exploração dos recursos além da capacidade de suporte da Terra, teremos sérios problemas ambientais. (PERNA *et al.*, 2014).

Ações do poder público para a conservação e preservação da biodiversidade no parque natural urbano do Município de Pimenta Bueno, RO

No âmbito do Poder Executivo, Oliveira e Monteiro (2014) apontam sobre a função material de governar e administrar os interesses da nação. Essa tarefa se verifica, na prática, por meio da formulação e implementação de políticas públicas, que devem estar estrategicamente alinhadas ao bem estar da população, e, nesse contexto, se reforça a importância do meio ambiente para a sadia qualidade de vida.

No ano de 2008, foi criada a Lei Municipal N.º1.476/2008 de 02 de outubro/2008 instituindo o “PLANO DIRETOR PARTICIPATIVO DO MUNICÍPIO DE PIMENTA BUENO”. Nesse Plano, ressalta-se no Cap. II acerca do Meio Ambiente, que cabe ao município a promoção da educação ambiental entendido como instrumento para apoiar as políticas públicas ambientais com o objetivo de garantir a preservação e recuperação das áreas de proteção ambiental, entre elas a Parque Natural Urbano. Cabe ao município, por meio de seus órgãos locais:

“X - promover a educação ambiental, como instrumento para sustentação das políticas públicas ambientais, buscando a articulação com as demais políticas setoriais; .

XI - garantir a preservação das áreas de proteção e a recuperação dos mananciais e das unidades de conservação, situadas em faixas marginais dos igarapés 01, 02 e 03, do igarapé Central, do Rio

Barão de Melgaço e do Rio Pimenta Bueno, da APP - Pontal da Ilha, da APP - Parque Natural Urbano (setores 07 e 08), do Horto Municipal (setor 07)”;

Verifica-se ainda que além do Parque Natural Urbano denominado APP, existem outras áreas semelhantes como Pontal da Ilha e Horto Municipal. São áreas de Preservação Permanente, que ao longo do tempo vem sofrendo com abandono e a poluição, e onde se fazem necessárias ações públicas concretas e efetivas.

Um exemplo de ações que atendam a essa demanda seria a implantação de projetos, obras em benefício da própria comunidade e a Resolução do CONAMA nº 369 de 28/03/2006. Essa dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, e que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente – APP, para a implantação de obras, planos, atividades ou projetos de utilidade pública ou interesse social, ou para a realização de ações consideradas eventuais e de baixo impacto ambiental. A Resolução contempla e vem ao encontro do que é a real necessidade do Parque Urbano Municipal de Pimenta Bueno.

No ano de 2009, o município de Pimenta Bueno, a partir da Agenda de Compromissos pela redução do desmatamento e das queimadas, pela valorização da floresta e da economia local e pelo fortalecimento da cidadania confirmou a reestruturação do Parque Urbano, com implantação de área de lazer (trilhas, pistas de caminhadas, entre outros); e, de tal maneira, assegurar a preservação do Parque Natural por meio da fiscalização, revitalização e recursos humanos e capacitação comunitária.

Em 8 de setembro do ano de 2011, conforme a legislação e regulamentação pertinente, foi publicado no Diário da Justiça e homologado pelo Conselho Superior do Ministério Público o Termo de Acordo de

Conduta – TAC, documento público de natureza extrajudicial no qual ficam explicitadas as obrigações do Município de Pimenta Bueno e da Empresa Ciclo Cairu, responsáveis pelas obras de melhorias no Parque Urbano.

Como parte do TAC, a Prefeitura de Pimenta Bueno se compromete a demarcar os locais onde serão colocados os meios fios, nas vias públicas não asfaltadas no Parque Natural Municipal, bem como o asfaltamento e iluminação pública em todas as vias que circundam o Parque Municipal.

Ainda sobre o TAC, são conferidas à Empresa Ciclo Cairu, responsável pelas ações de desmatamento anterior, algumas obrigações sobre a limpeza do Parque, a remoção do lixo existente no interior e nas proximidades. O isolamento da área com a colocação de placas indicativas e a instalação de cerca nas laterais com acesso às vias públicas e muro no acesso a outros terrenos. Compromete-se ainda, no mesmo prazo, colocar ao menos oito placas indicativas de “Proibido Jogar Lixo” e “Proibido Atear Fogo” (quatro placas de cada), distribuídas pelas laterais do Parque.

A empresa Ciclo Cairu comprometeu-se no prazo de seis meses calçar toda a extensão do Parque que se avizinham com as vias públicas asfaltadas, 1,5m de calçada e 8m para pista de caminhada sinuosa e colocação de gramas, bancos e aparelhos de ginásticas. Compromete-se ainda a calçar a parte restante do Parque que se avizinha com as vias não asfaltadas e apresentar um plano de recomposição para o Parque, incluindo o plantio de mudas, espécies locais.

Observa-se que boa parte das exigências contidas no TAC já foram concretizadas, mas ainda se percebe, ao visualizar a região do Parque, na Figura 2 a seguir, que ainda existe uma expressiva porção de solo descoberto, necessitando de plantio, já que o que restou do desmatamento em termos de flora e fauna local, ainda luta para sobreviver.

Como o Parque está próximo a uma área industrial com pouco fluxo de veículos, algumas pessoas já aderiram à ideia de caminhar neste local. Pois neste ponto é possível perceber o cheiro natural que exala da área que a mata está mais fechada, em contraste a outras partes onde o solo está bem descoberto, sem a mata, o mau cheiro de animais mortos putreficados e outros resíduos descartados clandestinamente.



Figura 2. Mapa do Parque Municipal Urbano em Pimenta Bueno, RO (SEDAM, 2015)

Além das exigências feitas pelo TAC, houve uma ação pública pelo Escritório Regional da Secretaria Estadual de Desenvolvimento Ambiental-SEDAM/Pimenta Bueno, em parceria com outros órgãos públicos. Essa ação conjunta com a Secretaria Municipal de Agricultura e Meio Ambiente do município, com o Horto Florestal, uma escola do município e o DNIT foi realizada como forma de compensação ambiental pela retirada de vegetação das margens da rodovia Br-364 e que assim disponibilizou 8.343 mudas de essências florestais. A ação consistiu em

minimizar as áreas degradadas com o plantio por parte dos professores e alunos, coordenados pelos servidores da SEDAM.

Já nas Figuras 3 e 4, é possível visualizar a parte de árvores que ainda restam no Parque, a cerca e o calçamento já construído.



Figura 3. Parque visto da Rua Joaquim (Autores)



Figura 4. Pista de caminhada do Parque (Autores)

Mas em que pese essas ações, ainda é possível verificar que no entorno do Parque, clandestinamente, pessoas da comunidade ainda jogam lixo, descartam animais domésticos mortos, bem como galhos, entulhos e queimam resíduos sólidos. Várias vezes o Parque ficou tomado por incêndio que destruiu grande parte da mata, animais e outras espécies de vida.

Mas em que pese essas ações, ainda é possível verificar que no entorno do Parque, clandestinamente, pessoas da comunidade ainda jogam lixo, descartam animais domésticos mortos, bem como galhos, entulhos e queimam resíduos sólidos. Várias vezes o Parque ficou tomado por incêndio que destruiu grande parte da mata, animais e outras espécies de vida.

CONCLUSÃO

Ao analisar as informações do TAC, legislação, bem como outros estudos acerca da importância das áreas verdes, verificou-se que o Parque Municipal Urbano é um espaço primordial à qualidade de vida da população. Assim, este estudo possibilita uma tomada de consciência e pontua a necessidade de ações mais concretas a favor da implementação completa dos projetos anexados no TAC pelas parcerias. A conclusão da revitalização do Parque Municipal Urbano trará muitos benefícios para a comunidade em geral do município.

Verifica-se que o espaço pensado no projeto contempla uma trilha ecológica e aparelhos de ginástica no calçadão de caminhada da área externa do parque. Seja para prática de esporte ou lazer, trata-se de um espaço rico em diversidade biológica, precisa de atenção e, principalmente, ser mais valorizada pela comunidade e pelo poder público. O que se percebe são as urgências de ações mais incisivas do poder público, como fiscalização, parcerias com outros órgãos públicos e instituições privadas, fiscalização desse espaço e a conscientização da comunidade, para que os

munícipes tenham um maior engajamento na preservação das áreas verdes postas pelo Poder Público.

O local em análise também pode ser melhorado com ações mais recorrentes e permanentes para a sua revitalização, tais como o incentivo do poder público para que as escolas municipais adotem em seu calendário um espaço para promover aulas com foco ambiental e contribuir para reflorestamento das áreas danificadas pelo fogo.

Para finalizar, e como intervenção, este estudo sugere que haja outras iniciativas de parceria entre órgãos públicos ou entes privados, para projetos ou mesmo programas de arborização nas avenidas, praças e outros locais do município que necessitem dessa ação, pois dentro da área urbana carece de mais locais verdes que propiciem sombra, ar fresco, diminuição da sensação térmica para os moradores que fazem caminhada, praticam esporte ou mesmo um passeio com a família. Alavancar ações de políticas públicas com a comunidade inserida nesse processo para que haja a preservação e conservação ambiental das áreas degradadas e em riscos de extinção de sua biodiversidade do Parque Municipal Urbano de Pimenta Bueno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

AGOSTINHO, Â.A.; THOMAZ, S.M.; GOMES, L.C. Conservação da biodiversidade em águas continentais do Brasil. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 70-78, 2005.

AGENDA DE COMPROMISSOS PELA REDUÇÃO DO DESMATAMENTO E DAS QUEIMADAS, PELA VALORIZAÇÃO DA FLORESTA E DA ECONOMIA LOCAL E PELO FORTALECIMENTO DA CIDADANIA. Pimenta Bueno – RONDÔNIA. 2009. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sedr/arquivos/agenda_de_compromisso_pimenta_bueno_138.pdf>. Acesso em 14 out. 2016.

BRASIL, Constituição (1998). **Constituição da República Federativa do Brasil**: promulgada em 5 de outubro de 1988. Disponível em: <

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm>.
Acesso em 13/05/2014.

BRASIL, Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm>. Acesso em: 11 nov. 2016.

BRASIL, Lei nº 10.683 de 28 de maio de 2003. Dispõe sobre a organização da Presidência da República e dos Ministérios, e dá outras providências.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. Congresso Nacional, Brasília, 1988.

_____. Lei n. 9.394. **Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional.** Congresso Nacional, Brasília, 1996.

_____. Lei nº 9.795. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Congresso Nacional, Brasília, 1999.

_____. Lei 9985, de 18 de Julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9985.htm>. Acesso em: 6 nov. 2016.

_____. Lei 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em:<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm>.
Acesso em: 6 nov. 2016.

_____. Ministério da Educação e Cultura MEC. Resolução nº 2, de 15 de junho de 2012. Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental.

Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=10988-rcp002-12-pdf&category_slug=maio-2012-pdf&Itemid=30192>. Acesso em: 14 out. 2016.

DIAZ, M.C.V. O preço oculto do fogo na Amazônia: Os custos econômicos associados as queimadas e incêndios florestais. **Belém: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia**, 2002.

CARVALHO, K. G. Direito constitucional. 14ª ed. rev. atual. ampl. Belo Horizonte: Del Rey, 2008.

ESCRITÓRIO Regional da SEDAM de Pimenta Bueno realiza atividade sobre o dia mundial do meio ambiente. **Pimenta Virtual**, 5jun 2015. Disponível em: <<http://www.pimentavirtual.net/materias/estadual/2015/06/05/escritorio-regional-da-sedam-de-pimenta-bueno-realiza-atividades-sobre-o-dia-mundial-do-meio-ambient.html>>. Acesso em: 14 out. 2016

FREITAS B. M. Desenvolvimento da personalidade da criança: o papel da educação infantil. **Psicologia em Estudo**, v. 19, n. 4, p. 587-597, 2014.

LORENZON, Ademar Roque. Pimenta Bueno: um pouco de sua história. Porto Velho: Grafriel, 2002.

MAIA, O. B. Vocabulário Ambiental Infanto-juvenil. IBICT, Brasília, 2013. Disponível em:<<http://unesdoc.unesco.org/images/0022/002211/221194POR.pdf>> Acesso em: 6 nov. 2016.

MACHADO, S. F.; MONTEIRO, J.C.L.; ALVES, K.S. Educação Ambiental como promotora de consciência ambiental na rede pública de ensino de Ouro Preto (MG). 2013.

MARTINE, G. O lugar do espaço na equação população/meio ambiente. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 24, n. 2, p. 181-190, 2013.

MORAES, K.F.; CRUZ, M.R. O ensino da educação ambiental. *Revista Direito e Política*, v. 10, n. 2, p. 928-945, 2015.

OLIVEIRA M.M. F.; MONTEIRO, M.A.F. O poder público e a preservação do meio ambiente. Disponível em: <<https://jus.com.br/artigos/30304/o-poder-publico-e-a-preservacao-do-meio-ambiente>>. Acessoem: 11 nov. 2016.

PIMENTA BUENO. Lei municipal n.º 1.476/2008 02 de outubro de 2008. Institui o Plano Diretor Participativo do município de Pimenta Bueno.

PERNA, D.; SOARES, A.M.D.; CURVO, R.J.C.; VIEIRA, L.R. Meio ambiente e educação profissional agrícola. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, n. 50, P. 1-16, 2014.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. da. Educação Ambiental e desenvolvimento sustentável: problemática, tendências e desafios. 2. ed. Fortaleza: Edições UFC, 2009.

SORRENTINO, M.; TRAIBER, R.; MENDONÇA, P.; FERRARO JUNIOR, L.A. Educação ambiental como política pública. **Educação e Pesquisa, São Paulo**, v. 31, n. 2, p. 285-299, 2005.

CAPÍTULO 2

Avaliação da secagem e higienização do lodo de esgoto em estufa plástica¹

Jéssica Milani², Paulo Fortes Neto³, Nara Lúcia Perondi Fortes³, Mariko Ueno³, Eliana Maria de Araújo Mariano da Silva³, Isabel Cristina de Barros Trannin⁴

INTRODUÇÃO

A secagem do lodo de esgoto em estufa recoberta com material transparente (vidro ou lona plástica) é uma tecnologia que vem sendo adotada no tratamento do lodo nos países da Comunidade Europeia, Estados Unidos e Austrália (SEGINER e BUX, 2006).

Esse processo, além de reduzir a umidade do lodo, também reduz o número de organismos patogênicos devido à ação da radiação solar e elevação da temperatura no interior da estufa (LUBOSCHIK, 1999; LEI *et al.*, 2009).

Os valores de redução da umidade e organismos patogênicos variam em função do período do ano, horas de insolação, frequência do revolvimento, espessura da camada do lodo, teor de umidade e quantidade de organismos patogênicos presentes inicialmente no lodo de esgoto (SALIHOGU *et al.*, 2007; MATHIOUDAKIS *et al.*, 2009).

¹ Este capítulo é derivado de parte da dissertação de mestrado do primeiro autor, defendida no Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Taubaté, SP, Brasil.

² Engenheira Ambiental da empresa Fibria Celulose S/A, Rodovia General Euryale Jesus Zerbini, s/n, São Silvestre, CEP 12340-010, Jacareí, SP, Brasil, e-mail: ext.jessica.milani@fibria.com.br

³ Universidade de Taubaté, Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, Departamento de Ciências Agrárias, Estrada Municipal Dr. José Luis Cembranelli, 5000, Fazenda Piloto – Itaim, CEP 12081-010, Taubaté, SP, Brasil, email: paulo.fortes@unitau.com.br

⁴ Instituto de Pesquisa Ambientais em Bacias Hidrograficas (IPABHI) Departamento de Ciências Agrárias, Estrada Municipal Dr. José Luis Cembranelli, 5000, Fazenda Piloto – Itaim, CEP 12081-010, Taubaté, SP, Brasil, email: isatrannin@gmail.com

No Brasil, as pesquisas utilizando a secagem de lodo de esgoto em estufa plástica são relativamente recentes, ainda há poucos trabalhos publicados para avaliar a eficiência do processo em condições de clima tropical (COMPARINI 2001; ANDREOLI *et AL.*, 2001; ANDREOLI *ET al.*, 2003; LIMA 2010).

DESENVOLVIMENTO

Secagem termosolar de lodo

No Brasil, as pesquisas utilizando a secagem de lodo de esgoto em estufa plástica são realizadas com o objetivo de avaliar a eficiência do processo na higienização do lodo para o uso agrícola e não como método para aumentar o teor de sólidos e diminuir a matéria orgânica do lodo para a sua disposição em aterro sanitário e/ou queimar como combustível em caldeira com vem ocorrendo na Europa (COMPARINI 2001; ANDREOLI *et al.*, 2001; ANDREOLI *et al.*, 2003; LIMA 2010).

Ao analisar os estudos realizados no Brasil, verifica-se que as estufas utilizadas na secagem e higienização do lodo são inadequadas tecnologicamente para o tratamento, pois são estufas plásticas utilizadas para o cultivo agrícola (COMPARINI 2001; ANDREOLI *et al.*, 2002; ANDREOLI *et al.*, 2003; LIMA 2010). Essas estufas não apresentam o sistema de exaustão e circulação para favorecer a convecção térmica do ar no interior da estufa e posterior saída para o meio externo, conforme os modelos de estufas utilizados para a secagem do lodo nos países da América do Norte, Europa e Ásia (SALIHOGU *et al.*, 2007; SLIM *et al.*, 2008; KALDERIS *et al.*, 2010; ROUX *et al.*, 2010). Outro fator limitante observado é o manejo dado ao lodo durante a realização destes estudos, ou seja, por trabalharem com pequenas amostras de lodo o revolvimento é realizado de forma manual, não refletindo assim o que seria observado

realmente numa escala operacional em uma estação de tratamento de esgoto. Ainda em relação às limitações tecnológicas referentes à estrutura da estufa e ao manejo do lodo nas pesquisas realizadas no Brasil, temos a carência de estudos realizados a longo prazo, o que não permite comparar os resultados de remoção de umidade e redução de organismos patogênicos entre as estações do ano. Também foi possível constatar que são raros os estudos que medem a intensidade da radiação solar durante a secagem e higienização do lodo (COMPARINI 2001; ANDREOLI *et al.*, 2002; ANDREOLI *et al.*, 2003; LIMA 2010)

Fatores que influenciam no desempenho do processo de secagem

Radiação solar e temperatura externa

Na secagem em estufa plástica, a radiação solar passa pelo filme plástico e incide sobre a superfície externa do lodo úmido ocasionando a evaporação da água que está no interstício da massa do lodo. Com o aquecimento, o vapor da água se desloca para a cobertura da estufa, que apresenta uma abertura ou sistema de drenagem para facilitar a saída do vapor para fora da estufa (ROUX *et al.*, 2010; BENNAMOUN, 2012).

Os valores de redução da umidade e organismos patogênicos variam em função do período do ano, horas de insolação, frequência do revolvimento, espessura da camada do lodo, teor de umidade e quantidade de organismos patogênicos presentes no lodo de esgoto (SALIHOGU *et al.*, 2007).

A esse respeito, Andreoli *et al.* (2002), ao estudar a relação entre horas de insolação e concentração de sólidos no lodo, constataram que a eficiência e o incremento de sólidos no lodo diminuíram à medida que a insolação total referente ao mês do experimento era menor. A redução da

umidade proporcionada pelo revolvimento foi atribuída à evaporação superficial do líquido que está retida no interior da massa do lodo. Deve-se ressaltar que a eficiência do revolvimento depende da saída do ar quente e úmido para fora da estufa, pois se não houver saída, o vapor se condensa e é reabsorvido pela massa do lodo. Esse fato foi verificado por Adreoli *et al.* (2001) quando realizou a secagem do lodo em estufas agrícolas.

Nos países de clima temperado, a secagem do lodo em estufa para remoção de organismos patogênicos é ineficiente durante as estações de inverno e outono, quando comparados com os resultados obtidos no verão e primavera (PALUSZAK *et al.*, 2012; SYPULA *et al.*, 2013). Isso está relacionado, segundo Cota-Espericueta *et al.* (2008) ao fato de que no inverno e outono a intensidade da radiação solar e a temperatura externa tende a diminuir devido à nebulosidade e à precipitação da neve. Nessas condições a temperatura interna da estufa não atinge o valor adequado para reduzir a umidade do lodo e desnaturar as células dos organismos patogênicos (TCHOBANOGLIOUS *et al.*, 2003; MATHIOUDAKIS *et al.*, 2009; PALUSZAK *et al.*, 2012).

Nos estudos realizados nos países de clima temperado, tem sido constatado que entre as 09:00 e 16:00 horas no outono e inverno, a temperatura interna da estufa apresenta uma variação de temperatura entre 8 a 20°C e no verão e primavera, a temperatura varia entre 30 a 60° C. As condições de temperaturas verificadas no verão e primavera favorecem a eliminação dos organismos patogênicos, pois eles não suportam ficar exposto por mais de uma hora à temperatura de 55°C e também a perda de água na massa do lodo favorece a dissecação das células microbianas e dos ovos de helmintos (TCHOBANOGLIOUS *et al.*, 2003; COTA-ESPERICUETA, *et al.*, 2008; MATHIOUDAKIS *et al.*, 2009; SHANAHAN *et al.*, 2010; PALUSZAK *et al.*, 2012; SYPULA *et al.*, 2013).

Umidade do lodo

Quanto à redução da umidade, Mathioudakis *et al.* (2009) observaram que a umidade do lodo durante o verão apresentou um declínio de 85% para 6%, durante 12 dias de secagem e no inverno a redução foi para 10% em 33 dias. Isto ocorreu porque a temperatura interna da estufa foi influenciada pela intensidade da radiação solar que varia conforme a estação do ano (LEI *et al.*, 2009; MATHIOUDAKIS, *et al.*, 2009).

A espessura da camada de lodo a ser utilizada na secagem em estufa tem influência na eficiência do processo, pois o tempo de desidratação aumenta com elevação da espessura da camada de lodo distribuída no piso da estufa. Comparini (2001) observou que colocando inicialmente o lodo na espessura de 10 cm de altura, a umidade foi reduzida em 30% em 21 dias e no tratamento com 50 cm, a mesma umidade foi obtida com 50 dias de secagem. Resultados similares também foram observados por Lima (2010) com a distribuição do lodo em camadas de 10 e 20 cm de espessura.

O teor de umidade inicial do lodo também interfere no tempo de secagem, Bennamoun (2012) testando a secagem do lodo com umidade igual 80% observou que a massa do lodo levou cerca de 55 dias para atingir a umidade de 60%. Kalderis *et al.* (2010) ao pesquisar a secagem do lodo com teor de sólidos inicial de 10 a 20% constataram que o tempo de secagem foi de 10 dias para reduzir ao teor de sólidos para 35% no verão. A maioria dos autores recomenda utilizar a secagem do lodo em estufa quando a umidade inicial variar entre 85% e 75%, pois esses valores de umidade favorecem o manejo do lodo, reduzem a emissão de odores, evitam a liberação de percolados no piso do pátio e reduzem o tempo de secagem (SALIHOGU *et al.*, 2007).

Stangerlin *et al.* (2009), citam que, por mais simples que seja o secador solar, a secagem é mais eficiente que ao ar livre, pois as condições internas são superiores às verificadas em ambiente externo, inclusive durante a noite, pois as temperaturas se conservam maiores.

Microorganismos patogênicos

A secagem térmica em estufa, além de reduzir a umidade, também reduz o número de organismos patogênicos devido à ação da radiação solar, elevação da temperatura e a corrente de conversão do ar que se estabelece do interior da estufa para o meio externo (LUBOSCHIK, 1999; LEI *et al.*, 2009).

Nos estudos realizados para avaliar a remoção de organismos patogênicos no lodo submetido à secagem em estufa, a presença desses organismos é indicada pela determinação de coliformes termotolerantes, ovos viáveis de helmintos e *Salmonella* spp. (COTA-ESPERICUETA *et al.*, 2008; ANDREOLI *et al.*, 2002; PALUSZAK *et al.*, 2012).

Na avaliação da eficiência da remoção dos organismos patogênicos pelo sistema de secagem do lodo em estufa, deve-se levar em consideração o teor de umidade, pois o número de organismos patogênicos está relacionado à quantidade de água presente no lodo. Cota-Espericueta *et al.* (2008) verificaram que a redução de 92% de umidade durante a secagem do lodo reduziu em 99,99% o número de coliformes termotolerante e *Salmonella* spp. Assim, quanto maior o número de organismos patogênicos, mais elevada será a umidade do lodo e conseqüentemente mais tempo de exposição à radiação solar será necessário para reduzir os valores de coliformes termotolerante, ovos de helmintos e *Salmonella* spp. para valores abaixo dos limites estipulados pela Resolução Conama 375/2006.

A esse respeito, Cota-Espericueta *et al.* (2008) verificaram que o lodo submetido a uma radiação solar média de 59 Wm^{-2} durante 11 dias de secagem apresentou uma redução no número de coliformes termotolerante de $3,87 \times 10^6$ para $1,6 \times 10^2 \text{ NMP g}^{-1}$ de lodo seco e para *Samonella* spp. a redução foi de $1,57 \times 10^{13}$ para $1,9 \times 10^3 \text{ NMP g}^{-1}$ lodo seco.

Como a remoção dos organismos patogênicos é diretamente dependente da intensidade da radiação solar e esta varia em função da estação do ano alguns autores têm constatado diferentes valores de redução no número de organismos patogênicos conforme o período da estação do ano. Em relação a coliformes termotolerante, Salihoglu *et al.* (2007) verificaram que no verão a redução de coliformes ficou abaixo de 1000 UFC g^{-1} de lodo seco em apenas 10 dias de secagem e no inverno foi preciso 20 dias de secagem.

Mathioudakis *et al.* (2009) pesquisando a secagem e higienização do lodo de esgoto constaram no período de verão com a radiação solar variando entre 950 a 1000 Wm^{-2} que a presença de coliformes termotolerantes reduziu de 3×10^5 para 10^3 UFC g^{-1} de lodo seco e, no outono, com a radiação solar oscilando entre 200 a 900 Wm^{-2} não houve redução e o valor foi igual a $8 \times 10^5 \text{ UFC g}^{-1}$ de lodo seco.

Para *Salmonella* spp. Paluszak *et al.* (2012) observaram que no verão a redução foi de $4,5 \times 10^7$ para $4,17 \times 10^2 \text{ NMP g}^{-1}$ de lodo seco em 75 dias e, no inverno, foi de $2,13 \times 10^9$ para $1,72 \times 10^7 \text{ NMP g}^{-1}$ de lodo seco em 94 dias de secagem. Já para ovos de helmintos, estudos realizados por Cota *et al.* (2010) verificaram que no verão os ovos de *Ascaris suum*, *Ascaris lubricoides* e *Hymenolepis* foram inativados entre 20 e 25 dias, quando a umidade do lodo reduziu para 10%.

DESENVOLVIMENTO

O estudo foi feito na Região do Vale do Paraíba, em experimento realizado dentro de uma estufa plástica montada no pátio de armazenamento de resíduo de uma empresa situada no município de Jacareí, SP (23° 18' S e 45° 58' W), a 580 m de altitude. O clima da região é mesotérmico úmido e caracteriza-se como Cwa segundo a classificação de Köppen. As médias anuais da temperatura do ar e da precipitação pluvial são, respectivamente, de 21°C e 1.300 mm (SÃO PAULO, 2005).

A área experimental de 600 m² foi demarcada, nivelada e compactada para depois ser montada a estrutura metálica da estufa, e em seguida, foi colocada sobre a estrutura o plástico filme transparente com 150 micra para revestir a lateral e o teto da estufa. A estufa plástica foi construída com as seguintes dimensões: 20 m de largura, 30 m de comprimento e 5m de altura.

O lodo de esgoto utilizado no estudo foi produzido pela Estação de Tratamento de Efluentes Industriais da empresa, coletado no início da montagem das leiras de secagem, sendo proveniente de tratamento de efluente industrial por processo aeróbio e deságue em centrífuga com o uso de polímeros.

O estudo foi dividido em dois ensaios um para avaliar a espessura da camada de lodo e o outro para avaliar o efeito da aplicação de cal na secagem do lodo.

No primeiro ensaio, foram montadas leiras com camadas de 20, 30, 40 e 50 cm de espessura de lodo sob a superfície do piso da estufa. As leiras foram distribuídas em um delineamento experimental de blocos casualizados com quatro tratamentos (leiras com 20, 30, 40 e 50 cm de espessura) e quatro repetições.

As leiras foram montadas com 2m de largura, 12m de comprimento e a altura variaram em função da espessura da camada em 20, 30, 40 e 50 cm. O revolvimento das leiras foi realizado diariamente com o auxílio de uma retroescavadeira.

No segundo ensaio, para avaliar o efeito da aplicação da cal na secagem do lodo as leiras foram montadas com 20 cm de espessuras, 2m de largura e 12m de comprimento e depois distribuídas em um delineamento de blocos casualizado com cinco tratamentos (leira com 0, 10, 20, 30 e 40% de cal) e quatro repetições.

Durante a secagem do lodo, o monitoramento foi realizado tendo como base as seguintes variáveis: temperatura interna na estufa, umidade da massa de lodo, sólidos totais, liberação de amônia e coliformes termotolerantes.

Os teores de umidade e sólidos totais foram determinados conforme a metodologia descrita por Andreoli *et al* (2001) e os procedimentos especificados em APHA (1998). A determinação da amônia liberada pelo lodo durante a secagem foi realizada pelo método da fixação da amônia gasosa por microdifusão (BABKO e PILIPENKO, 1976, OHLWEILLER, 1982) e a sua quantificação foi por titulação ácido-base (BASSET *et al.*, 1981). A determinação de coliformes termotolerantes foi realizada conforme as metodologias preconizadas pela APHA (1998) e CETESB (2007).

Os resultados da umidade e sólidos totais foram submetidos à análise de variância e a diferença entre as medias foram avaliadas pelo teste de Tukey a 5%. Os dados foram analisados pelo software “SAS for Windows” (SAS, 2002). A análise de regressão foi realizada para estabelecer a relação da emissão da amônia, coliformes termotolerantes com o tempo de secagem do lodo.

-Ensaio para avaliar a espessura da camada da leira de lodo

Na Figura 1, estão apresentados os valores dos teores de umidade determinados nas amostras de lodo coletadas nas células de lodo com camadas com diferentes espessuras, após oito dias de secagem.

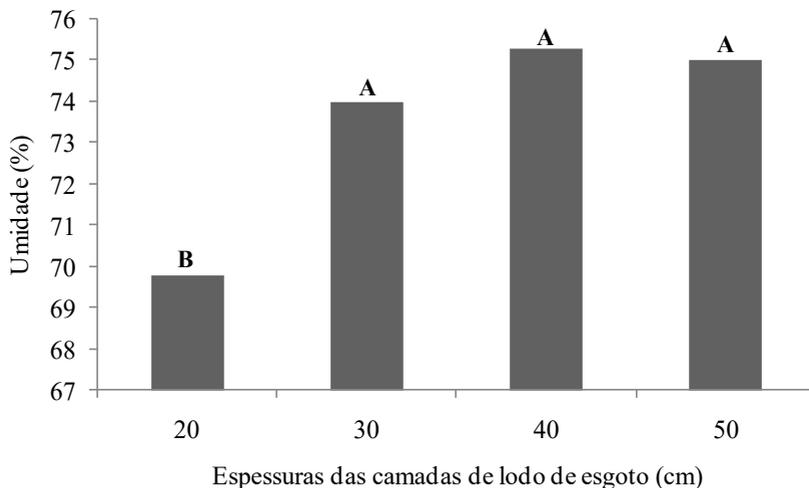


Figura 1. Variação da umidade do lodo de esgoto coletado em células de lodo com 20, 30, 40 e 50 cm de espessura, após oito dias de secagem. (Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo Tukey a 5%).

Nota-se que houve diferença significativa no teor de umidade do lodo em função da espessura da camada da célula de lodo. Consta-se que o maior (80,1%) teor de umidade foi determinado no lodo retirado da célula com 50 cm de espessura e o menor (69,8%) teor umidade na amostra de lodo coletado na célula com 20 cm de espessura.

Já os teores de umidade do lodo coletados nas células com espessuras de 30, 40 e 50 cm não apresentaram diferenças entre si, porém apresentaram teores acima do valor verificado no lodo da célula com camada de 20 cm de espessura. Comparando o teor de umidade do lodo da

célula com 20 cm de espessura com os teores observados nas demais células, constata-se que a diferença foi de 4,2, 5,5 e 5,2% para a camada com espessura de 30, 40 e 50, respectivamente. Ao analisar a redução da umidade em função da umidade inicial (82,4%) do lodo, verifica-se que a distribuição do lodo em camada com 20 cm de espessura reduziu a umidade em cerca de 12,6%, a camada com 30 cm reduziu em 8,4%, com 40 cm em 7,1% e com 50 cm em 7,4%. Esses resultados sugerem que a redução da umidade do lodo esta relacionada à espessura da camada que será utilizada para distribuir o lodo sobre o piso da estufa para a secagem.

A variação dos teores de sólidos totais determinados nas amostras de lodo coletados nas células com 20, 30, 40 e 50 cm de espessura, após oito dias de secagem na estufa, demonstram que os valores apresentaram diferença significativa entre os tratamentos (Figura 2).

Ainda na Figura 2, nota-se que o maior teor de sólidos totais foi verificado na célula da camada de lodo com espessura de 20 cm, quando comparado com as amostras de lodo coletadas nas células com 30, 40 e 50 cm.

O aumento no teor de sólidos totais determinado pela diferença entre o teor (19,90%) verificado no lodo antes e após os oito dias de secagem foi de 34,83% no lodo da leira com 20 cm de espessura, 23,46% na célula com 30 cm, 19,43% com 40 cm e 20,40% com 50 cm.

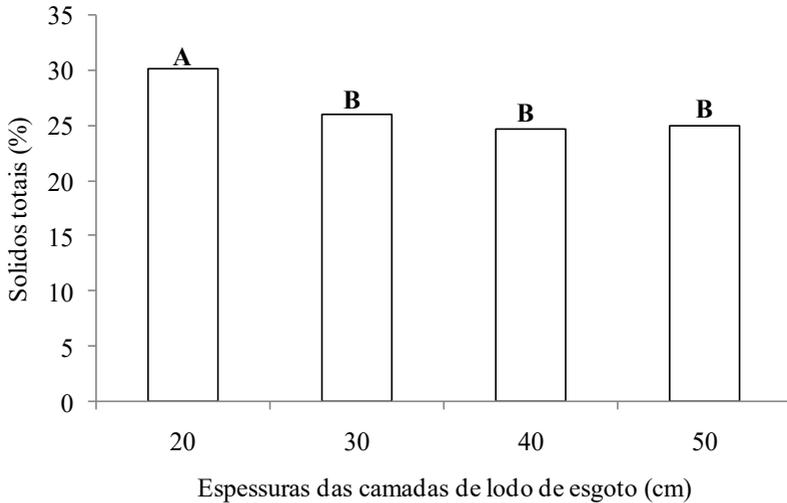


Figura 2. Variação do sólidos totais do lodo de esgoto coletado em células de lodo com 20, 30, 40 e 50 cm de espessura, após oito dias de secagem. (Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo Tukey a 5%).

O aumento na concentração de sólidos totais variou em função da redução da umidade verificada nas amostras de lodo coletadas nas leiras após os oito dias de secagem.

Na Figura 3 estão apresentados os teores de N-NH_3^+ determinados nas leiras de lodo com camadas de 20, 30, 40 e 50 cm durante os oito dias de secagem na estufa. Observa-se que os teores de N-NH_3^+ aumentam linearmente com o período de secagem e as emissões são mais acentuadas na medida em que se reduz a espessura da camada de lodo. Isso ocorre porque nas camadas com menor espessura, a evaporação da água é mais acentuada na massa do lodo e favorece assim, a entrada de oxigênio e nesta situação o ambiente fica favorável para os microrganismos transformarem uma parte do nitrogênio orgânico em N-NH_3^+ . O lodo da leira com 20 cm de espessura na camada emitiu no período um total

acumulado de $173,90 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ de N-NH_3^+ . Esse valor corresponde a cerca de 25,53%, 30,00% e 35,02% do total acumulado, verificado nas amostras de lodo coletadas nas leiras com 30, 40 e 50 cm de espessura.

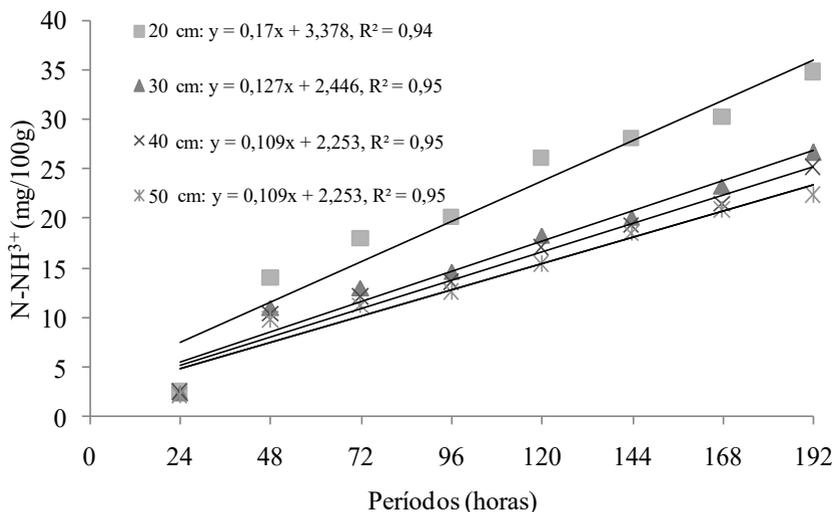


Figura 3. Variação da N-NH_3^+ no lodo de esgoto coletado em células de lodo com 20, 30, 40 e 50 cm de espessura, após oito dias de secagem.

Os valores de coliformes termotolerantes determinados nas amostras de lodo coletadas nas leiras com 20, 30, 40 e 50 cm de lodo estão apresentados na Figura 4. Verifica-se que o número de coliformes termotolerantes diminui em todos os tratamentos com o aumento do período de exposição.

A redução é mais acentuada na medida em que se reduz a espessura da camada de lodo colocado sobre a superfície do piso da estufa. A maior redução foi observada nas amostras de lodo coletadas na leira de lodo com camada de 20 cm de espessura. Nesse tratamento, as reduções

foram cerca de 35% após o 4º dia de secagem e depois do 8º dia a redução foi de 60%. Nas amostras de lodo das leiras com 30 cm.

As reduções foram de 34,78% no 4º dia e 48,26%, na leira com 40 cm, as reduções foram de 15% no 4º dia e 31% no 8º dia. Já as menores reduções foram verificadas nas amostras de lodo coletadas nas leiras com camada de 50 cm, que apresentaram reduções de 14,28% no 4º dia e 24,76% no 8º dia.

As reduções no número de coliformes termotolerantes observadas em todos os tratamentos estão relacionadas à perda de umidade da massa do lodo, durante a secagem, pois com a perda de água na massa do lodo as células dos microrganismos ficam submetidas à desidratação.

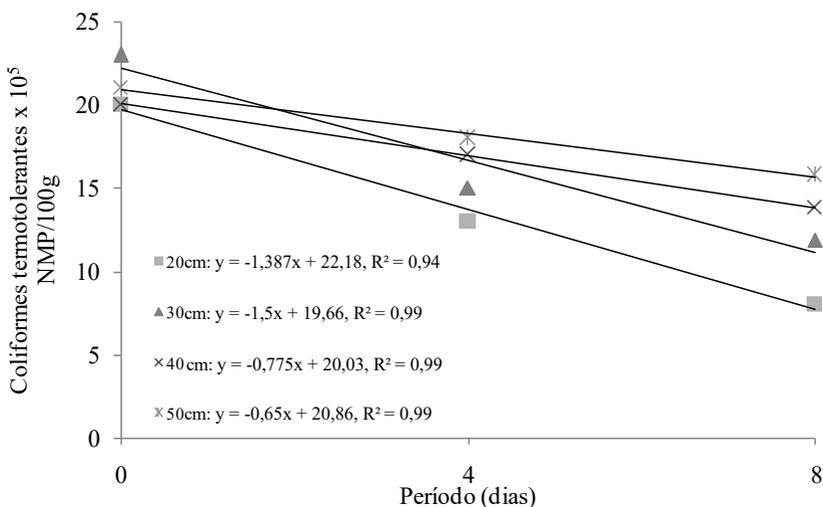


Figura 4. Número mais provável de Coliformes Termotolerantes nas amostras de lodo de esgoto coletado em células de lodo com 20, 30, 40 e 50 cm de espessura, após quatro e oito dias de secagem.

-Ensaio para avaliar a aplicação da cal

Os resultados dos teores de umidade determinados em amostras de lodo com diferentes doses de cal misturada ao lodo e coletado após oito dias de secagem apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos (Figura 5).

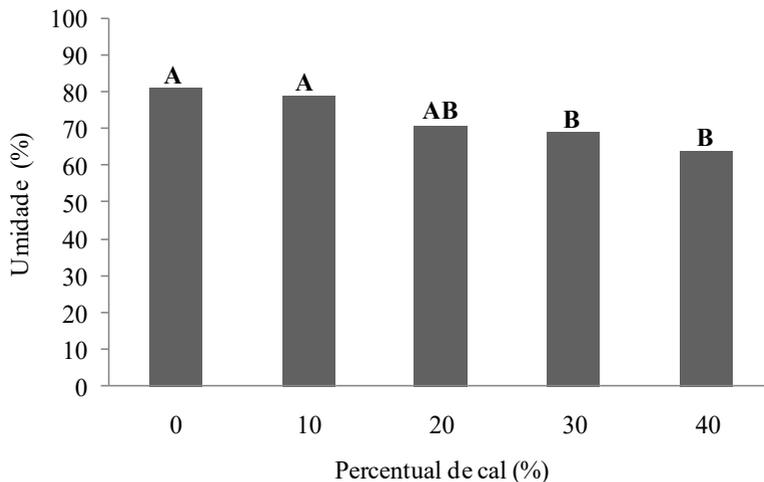


Figura 5. Variação da umidade do lodo de esgoto coletado em células de lodo com 0, 10, 20, 30 e 40% de cal adicionada na mistura com o lodo, após oito dias de secagem. (Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo Tukey a 5%).

De uma maneira geral, os valores mais elevados de umidade foram quantificados na massa de lodo sem cal e com a adição de 10% de cal na mistura com o lodo, e os menores teores de umidade nas amostras com 30 e 40% de cal adicionada na mistura com lodo.

Ao comparar os valores dos teores de umidade nas amostras de lodo sem e com a adição de 40% de cal, constata-se uma redução de 20,94%

no teor de água da massa de lodo e com a aplicação de 30%, a perda de água foi de 14,65%.

A redução da umidade ocasionada pela adição da cal ocorreu devido à reação de liberação de calor resultante do contato da cal virgem com a umidade e matéria orgânica existente na massa do lodo.

Os teores de sólidos totais determinados nas amostras de lodo sem e com adição de cal nas doses de 10, 20, 30 e 40%, após oito dias de secagem estão apresentados na Figura 6.

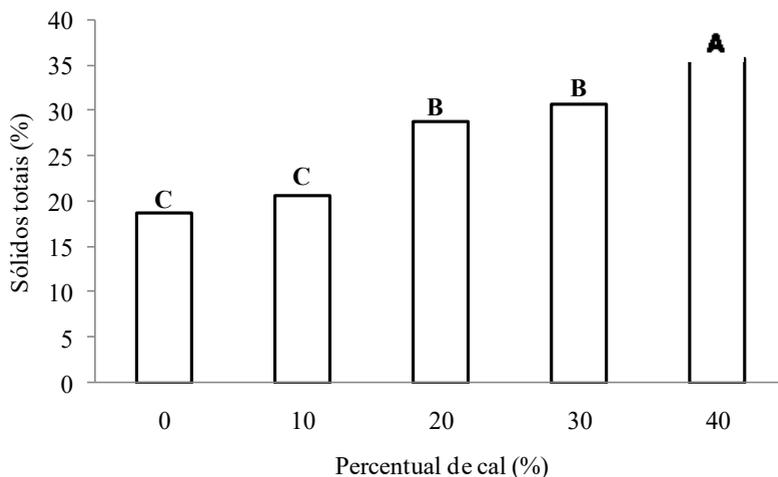


Figura 6. Variação do teor de sólidos totais no lodo de esgoto coletado em leira de lodo com 0, 10, 20, 30 e 40% de cal adicionada na mistura com o lodo, após oito dias de secagem. (Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo Tukey a 5%).

Observa-se que os teores de sólidos totais apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos e os valores oscilaram de 18,81% na massa de lodo sem cal para 35,82% na massa de lodo misturada com 40% de cal. Ao analisar a Figura 6, verifica que a adição de 40% de cal

na misturada com o lodo elevou a quantidade de sólidos totais em 47,48%, quando comparado com o lodo sem cal e a uma elevação de 14,24, 19,27, e 42,17% em relação a aplicações com 30, 20 e 10% de cal.

Os valores da emissão de N-NH_3^+ determinados nas amostras coletadas no lodo sem e com adição de doses de cal estão apresentados na Figura 7.

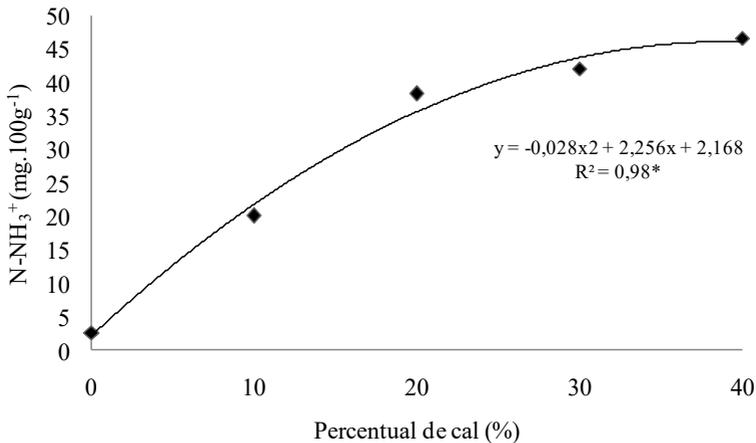


Figura 7. Emissão de amônia (N-NH_3^+) no lodo de esgoto coletado em células de lodo com 0, 10, 20, 30 e 40% de cal adicionada na mistura com o lodo, após oito dias de secagem.

Percebe-se que a emissão de N-NH_3^+ aumenta com a elevação da proporção de cal adicionada na massa de lodo. A elevação na emissão de N-NH_3^+ aumentou acentuadamente entre as doses de 0 e 20% de cal e depois apresenta uma estabilização entre a aplicação de 20 e 40% de cal. A aplicação de 40% de cal elevou em 94,43% a liberação de N-NH_3^+ quando comparado com o valor verificado na amostra de lodo sem aplicação da cal. Já comparando a dose de 40% de cal com as doses de 10, 20 e 30% as elevações foram de 56,95, 10,92 e 8,56%.

Na Figura 8, estão apresentados o número de coliformes termotolerantes determinados em amostras de lodo de esgoto com diferentes doses de cal. Observa-se que o número de coliformes termotolerantes reduz acentuadamente com o aumento das doses de cal misturada com o lodo. A variação oscilou entre 6,2 NMP 100g⁻¹ no lodo com 40% de cal para 24,5 NMP 100g⁻¹ no lodo sem adição de cal.

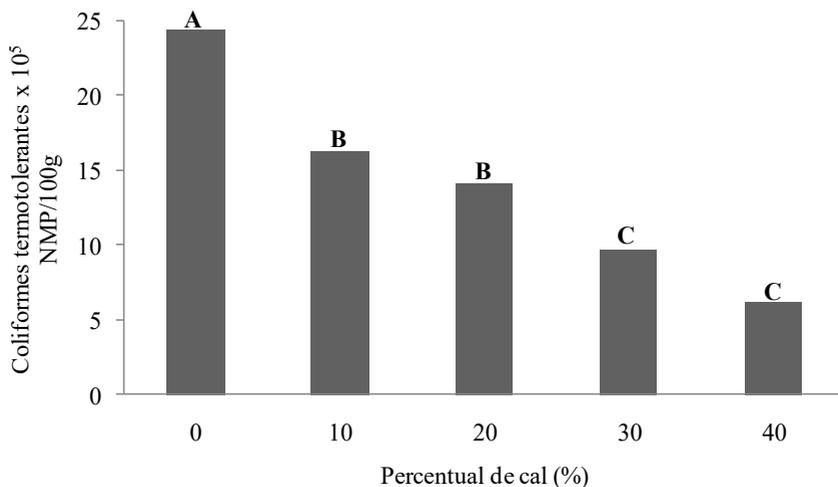


Figura 8. Número de coliformes termotolerantes no lodo de esgoto coletado em células de lodo com 0, 10, 20, 30 e 40% de cal adicionada na mistura com o lodo, após oito dias de secagem. (Médias seguidas da mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo Tukey a 5%).

Ao comparar dose de 40% de cal com o tratamento sem cal, observa-se uma redução de 74,69% no número mais provável de coliformes termotolerantes, com 10% de cal, a redução foi de 61,96%, com 20% a inibição ficou em 56,02% e com 30% a redução foi de 36,08%. A redução de coliformes termotolerantes nas amostras de lodo com adição de cal

ocorre devido à reação de oxidação que promove a elevação da temperatura e também ao aumento do pH.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados, pode-se concluir que:

- A distribuição do lodo no piso da estufa em camada com espessura de 20 cm foi mais eficiente na redução da umidade, no aumento do teor de sólidos totais, na liberação de $N-NH_3^+$ e redução de coliformes termotolerantes;
- O lodo com 40% de cal foi mais eficiente na redução do teor de umidade, no aumento de sólido totais, na liberação de $N-NH_3^+$ e na inibição de coliformes termotolerantes.
- Para se chegar à umidade de 50%, utilizando a camada de lodo em 20 cm, seria necessário aproximadamente 14 dias de secagem, podendo variar para mais ou para menos de acordo com as condições climáticas. Já com uma camada de 50 cm, seria necessário cerca de 30 dias para se obter 50% de umidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA (1998). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th edition. American Public Health Association, Washington, D.C.

ANDREOLI, C.V., LARA, A.I., FERNANDES, F. **Reciclagem de Biossólidos: transformando problemas em soluções**. 2001. SANEPAR, FINEP, 2a edição, Curitiba, 288p.

ANDREOLI, C. V.; FERREIRA, A. C.; CHERUBINI, C.; FRANÇA, M. Desinfecção e Secagem Térmica de Lodo de Esgoto Anaeróbio pelo uso de Biogás. In: XXVIII CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL. Anais... Cancun / México, 2002.

ANDREOLI, C. V.; PEGORINI, E.S. **Reciclagem agrícola de biossólidos: Impactos e Regulamentação**. XXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. Ribeirão Preto, 2003.

BABKO, A.K., PILIPENKO, A.T. **Photometric analysis: Methods of determining non metals**. Moscow: Mirr, 1976. p.16-8.

BASSET, J., JEFFERY, G. H., MENDHAM, J. **Análise inorgânica quantitativa**. 4.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1981. 1508p

BENAMOUR, L. Solar drying of wastewater sludge: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews** v.16, p. 1061- 1072, 2012

CETESB. Norma Técnica nº L5.406 de Junho de 2007.

COMPARINI, J.B. Estudo do decaimento de patógenos em biossólidos estocados em valas e em biossólidos submetidos à secagem em estufa. São Paulo, SP. Tese Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2001. 278 p.

COTA, A. D. FIGUEROA, C. ESPINOZA, E. AVITIA, C. FAYETT, D. LARES, J. G. FLORES, J. P. VÁZQUEZ, F. VELÁZQUEZ, N. Active Solar drying of wastewater sludge: physicochemical, toxicological, and nutritional characterization. Instituto de Ciências Biomédicas. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. 2010.

COTA-ESPERICUETA, A. D. PONCE-CORRAL, C. Eliminación de bacterias patógenas en lodos residuales durante el secado solar. **Revista Internacional de Contaminação Ambiental** v.24, p. 161-170, 2008.

KALDERIS, D.; AIVALIOTI, M.; GIDARAKOS, E. Options for sustainable sewage sludge management in small wastewater treatment plants on islands: The case of Crete. **Desalination**, v. 260, p.211-217, 2010.

LEI, Z.; DEZHEN, C.; JINLONG, X. Sewage sludge solar drying practise and characteristics study. In: Proceedings of power engineering conference, IEEE, 2009.

LIMA, M. R. P. Uso de estufa agrícola para secagem e higienização de lodo de esgoto. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2010.

LUBOSCHIK, U. Solar sludge drying – based on the ist process. **Renewable Energy** v.16, p.785 – 788, 1999.

MATHIOUDAKIS, V.L. KAPAGIANNIDIS, A. G. ATHANASOULIA, E. DIAMANTIS, V.I. MELIDIS, P. AIVASIDIS, A. Extended dewatering of sewage sludge in solar drying plants. **Desalination** v.248, p. 733 – 739, 2009.

OLWEILLER, O.A. Química analítica quantitativa. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1982. p.238-9.

PALUSZAK, Z. SKOWRON, K. SYPULA, M. SKOWRON, K. J. Microbiological Evaluation of the Effectiveness of Sewage Sludge Sanitization with Solar Drying Technology. Hindawi Publishing Corporation. **International Journal of Photoenergy**. v.1, p. 7-11, 2012.

ROUX, N.; JUNG, D.; PANNEJON, J.; LEMOINE, C. Modelling of the solar drying process Solia. In: Pierucci S. Ferraris, G.B, editors. Proceeding of 20th European symposium on computer aided process engineering. 2010.

SALIHOGU, N.K. PINARLI, V. SALIHOGU, G. Solar drying in sludge management in Turkey. **Renewable Energy**. v.32, p.1661-1675, 2007.

SEGINER, T.; BUX, M. Modeling solar drying rate of wastewater sludge. **Drying Technology**, v.24, p.1353-1363, 2007.

SOFTWARE STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM – SAS. Procedures **guides. Version 6**. Cary [EstadosUnidos]: SAS by SAS INSTITUTE –Inc. Cary, NC, USA. 2002/ 2003.

SÃO PAULO. Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Plano Estadual de Recursos Hídricos 2004-2007**. São Paulo, 2005.

SHANAHAN, E. F. ROIKO, A. TINDALE, N. W. THOMAS, M. P. WALPOLE, R. KURTBOKE, D. I. Evaluation of pathogen removal in a solar sludge drying facility using microbial indicators. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v.7, p.565-582, 2007.

SLIM, R.; ZOUGHAIB, A.; CLODIC, D. Modeling of a solar and heat pump sludge drying system. **International Journal of Refrigeration**, v.31, p.1156-1168, 2008.

STANGERLIN, D.M.; SANTINI, E.J.; SUSIN, F.; MELO, R.R.; GATTO, D.A.; HASELEIN, C.R. Uso de estufa solar para secagem de madeira serrada. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v.19, n.4, p.461-472, 2009.

SYPULA, M. PALUSZAK, Z. LIGOCKA, A. SKOWRON, K. Effects of spring season solar drying process on sanitation indicators in sewage sludge and potential as a method for fertilizer production. **Annals of Agricultural and Environmental Medicine**, v. 20, n. 1, p. 8-12, 2013.

TCHOBANOGLIOUS, G.; BURTON, F.L.; STENSEL, H.D. Wastewater engineering: Treatment and reuse, McGraw-Hill, New York, 2003.

CAPÍTULO 3

Pegada Hídrica em função da transformação do uso da terra da pecuária para a eucaliptocultura no Vale do Rio Paraíba do Sul¹

André Luiz Rezende Ferreira², Getúlio Teixeira Batista², Marcelo Santos Targa²

INTRODUÇÃO

A água é uma substância fundamental para a manutenção da vida e sua ocorrência e distribuição é desigual no planeta.

Sabe-se que a água é um recurso que pode se tornar escasso, devido ao uso indevido, e dessa forma é fundamental um bom planejamento para sua conservação, a sua proteção, o seu tratamento e seu uso que deve ser compartilhado.

A crescente preocupação com a preservação dos recursos hídricos e a conservação do meio ambiente tem conduzido ao estabelecimento de uma legislação mais rigorosa e eficiente, no intuito de proteger a quantidade e qualidade desses recursos. Para se adequar a esta nova política, buscam-se tecnologias de menor custo que minimizem os efeitos negativos de atividades impactantes da sociedade (MEDEIROS *et al.*, 2005).

¹Este capítulo é derivado de parte da dissertação de mestrado do primeiro autor defendida no Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Taubaté, SP, Brasil.

²Universidade de Taubaté, Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, Departamento de Ciências Agrárias, Estrada Municipal Dr. José Luís Cembranelli, 5000, Fazenda Piloto – Itaim, CEP 12081-010, Taubaté, SP, Brasil, e-mail: iaoandre9@gmail.com, e-mail:gtbatista@gmail.com, e-mail:targa.marcelo@gmail.com

Para engenheiros e técnicos, responsáveis pelo planejamento, operação e gestão dos recursos hídricos, um dos maiores desafios é a segurança hídrica que visa garantir água, com quantidade e qualidade adequadas para as atuais e futuras gerações. Em um ponto de vista teórico, não há grande dificuldade em se integrar o gerenciamento de quantidade e qualidade, mas, na prática esta integração é raramente alcançada, e representa um grande obstáculo para a operação eficiente de sistemas de utilização racional do recurso hídrico (AZEVEDO *et al.*, 1998). O crescimento demográfico do final do século 20 resultou em escassez da água e constitui um dos grandes desafios do século 21. Até metade do século 20, a demanda de água cresceu gradualmente, acompanhando o lento aumento populacional. No entanto, na segunda metade, a expansão urbana aliada ao desenvolvimento industrial, à produção de energia elétrica, além da agricultura e a pecuária intensiva, geraram uma necessidade de água em quantidades cada vez mais elevadas.

O Brasil detém 18% da água doce do mundo, o que corresponde a uma disponibilidade de água per capita da ordem de 48 milhões de litros por habitante ano e essa água está concentrada nas formas mais facilmente acessíveis como em rios e lagos (ANEEL, 2014). Dessa água, 80% estão concentradas no Pantanal e na Amazônia, regiões com 22% da população brasileira. Sendo assim, somente 20% de toda a água do Brasil estão disponíveis nas regiões Sudeste, Sul e Nordeste, as quais concentram 78% da população (IBGE, 2011).

A gestão das águas ainda é recente no Brasil e especificamente no Estado de São Paulo iniciou em 1991 com a Lei Estadual 7.663. Posteriormente, em 1997, foi instituída a política nacional de recursos hídricos Lei Federal 9.433 que, em síntese, apresenta o mesmo espírito da

política de recursos hídricos do Estado de São Paulo cujos preceitos são: adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gerenciamento, por meio de uma administração descentralizada, participativa e integrada, com o reconhecimento de que a água é um bem público de valor econômico, cuja utilização, além de ser cobrada, deve ser compatibilizada por todos os usuários e com os programas de desenvolvimento regional e de proteção do meio ambiente (TARGA e BATISTA, 2015).

Contudo, a edição da legislação específica de recursos hídricos promoveu pouco avanço nos procedimentos para redução dos elevados consumos de água para abastecimento, indústria e agricultura irrigada. Estima-se que dos 61% da água captada no meio rural, a agricultura utiliza cerca de 54% de água no processo de irrigação.

Paralelamente, pouca atenção se dá também ao fato da água total, consumida e poluída, se relacionar com o consumo de *commodities*, assim como com a estrutura global da economia que fornece os vários bens e serviços que a sociedade exige. Como resultado, há pouca consciência de que a organização e as características de uma cadeia de produção e abastecimento influenciam fortemente os volumes e a distribuição temporal e espacial da água, sem se verificar que elas podem estar associadas ao consumo final do produto (SEIXAS, 2011).

Hoekstra e Chapagain (2008) demonstraram que por meio da água virtual, isto é, aquela incorporada aos produtos, se pode compreender o caráter global da água doce e quantificar os efeitos do consumo e do comércio no uso dos recursos hídricos. Tendo essa consciência do real valor de água doce contida nos produtos, pode-se compreender a necessidade de uma melhor a gestão dos recursos de água doce existente no planeta.

A água doce, cada vez mais escassa em nível local, vem se tornando um recurso de importância global, impulsionado pelo crescimento do comércio internacional de bens e serviços. Além dos mercados regionais, os mercados globais, comercializam bens e produtos com elevada incorporação e transporte de água, provenientes de atividades como agricultura, pecuária, produtos naturais e bioenergia.

O Brasil com uma das maiores reservas mundial passou a ter problemas com a escassez de água entre 2012 e 2013, o que já era de ocorrência centenária na região semiárida no Nordeste passou a ocorrer em regiões com maior incidência de população como a região Sudeste. Relatórios técnicos demonstram que incidências de eventos de seca no Brasil indicaram que 1.485 municípios (27%) do total de municípios do país decretaram estado de emergência devido a ocorrência de seca no ano de 2013 (ANEEL, 2014).

O caso de maior notoriedade na mídia na região Sudeste foi a falta de chuvas entre 2013 e 2014 e a dificuldade de abastecimento de 43% da população brasileira, principalmente da área urbana, nos Estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Espírito Santo. Esta seca, tida como a pior dos últimos 80 anos afetou a vida de aproximadamente 20 milhões de habitantes da Região Metropolitana de São Paulo - RMSP (TARGA e BATISTA, 2015). Outro aspecto importante a se considerar no consumo de água de uma região é a modificação do uso e ocupação do solo por ampliação de uma atividade econômica em detrimento de outras. Nesse sentido Arguelo *et al.* (2010) estimaram que houve um acréscimo de 32,2% na área de plantio de eucalipto no período de 2001 a 2007 na região do Vale do Paraíba paulista e que esse aumento se deu principalmente em substituição a pastagem.

O percentual de ocupação da área em bacias hidrográficas pelas plantações florestais é fator importante para a ocorrência de maior ou menor consumo hídrico, trabalhos em microbacias experimentais, mostram que não há alteração no deflúvio se as plantações florestais ocupam até 20% da área da bacia hidrográfica (LIMA, 2010). O cultivo de eucalipto e a pecuária no Brasil são atividades que necessitam ter garantidas as suas sustentabilidades e a minimização dos impactos ambientais na depleção dos recursos hídricos locais. Neste sentido, a pegada hídrica (PH) pode ser um instrumento capaz de ajudar a garantir essa sustentabilidade, pela quantificação de toda a água doce utilizada durante o manejo e a produção.

Vários estudos têm demonstrado o consumo de água da cadeia produtiva de determinados bens como, por exemplo: para beber uma xícara de café padrão na Holanda precisa-se de cerca de 140 litros de água, já o consumo global de produtos de algodão requer 256 Gm^3 (i.e. $1\text{e}+27 \text{ m}^3$) de água por ano (HOEKSTRA *et al.*, 2011). Estes dados reforçam a importância de se considerar a pegada hídrica, em situações em que consumidores e até mesmo os produtores têm pouco incentivo para assumir a responsabilidade pelos impactos sobre os recursos hídricos, devido à falta generalizada de mecanismos para que se possam estabelecer preços pela quantidade de água utilizada na produção. Dessa forma será apresentada neste capítulo descrição do cálculo da pegada hídrica e sua aplicabilidade nas atividades da pecuária e no reflorestamento do eucalipto na região do Vale do Rio Paraíba do Sul, no Estado de São Paulo, Brasil.

DESENVOLVIMENTO

Caracterização da área de estudo

A Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul no trecho Paulista possui uma área de drenagem de 14.444 km^2 situa-se na porção leste do

estado de São Paulo, entre a Serra da Mantiqueira ao norte e a Serra do Mar ao sul é a Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo UGRHI 02. A população residente é de 1.966.728 habitantes distribuídos por 34 municípios que estão com seu território dentro da UGRHI 02 e 5 municípios que tem parte de sua área na bacia. Essa região foi uma das primeiras a ser ocupada pela atividade agropecuária no estado de São Paulo, mas que foi sendo ao longo do tempo sendo substituída por atividades industriais.

Na agropecuária a principal atividade agrícola é o cultivo de arroz inundado, a na produção animal, a pecuária leiteira e de corte extensivos, se utilizam também das extensas áreas, em sua maioria, de pastagens degradadas, as quais segundo a COPPETEC (2006) representam 57,6% do total da bacia. Uma atividade econômica que ganhou impulso nessas últimas décadas foi à exploração florestal de eucalipto, que vem sendo praticada por praticamente todos os municípios. Contudo, as coberturas florestais (silvicultura de eucalipto e floresta nativa) representam apenas 22,7% da cobertura total do trecho paulista da bacia (ARGUELLO *et al.*, 2010).

O Vale do Paraíba paulista, que se estende de Santa Isabel a Queluz tem cerca de 190 km de comprimento, apresenta regimes pluviométricos diferentes caracterizados por totais anuais variáveis entre 1300 e 1900 mm de chuvas. A precipitação anual média nesta parte da bacia é de cerca de 1500 mm, mas apresenta uma variação espacial significativa, sendo as maiores nas partes altas da bacia e as baixas nas áreas mais planas.

Pegada Hídrica (PH)

A metodologia empregada para cálculo da pegada hídrica (PH) das áreas com pastagens e eucalipto no Vale do Rio Paraíba do Sul teve por

base as recomendações descritas no Manual de Avaliação da Pegada Hídrica (HOEKSTRA *et al.*, 2011). Neste capítulo, é apresentado o cálculo da Pegada Hídrica diária da pastagem e da produção animal, do cultivo de eucalipto e da produção de papel na região do vale do Paraíba. Também foi analisada a expansão da área de produção de eucalipto e a respectiva redução na área de pastagem. A Pegada Hídrica da pecuária deve considerar a Pegada Hídrica da pastagem, que leva em conta o consumo de água por evapotranspiração, bem como a Pegada Hídrica animal que leva em conta o consumo de água ingerida pelo rebanho bovino e a água que é devolvida ao sistema por meio da urina dos animais.

Pegada hídrica da pastagem

Na unidade hidrográfica de gerenciamento de recursos hídricos do Rio Paraíba do Sul UGRHI 02, que corresponde ao trecho paulista da bacia, a pastagem utilizada é do gênero Braquiária, principalmente a espécie *Brachiaria decumbens* (IBGE, 2011). Dados sobre consumo de água ainda são escassos para as forrageiras na região. Em estudos realizados no cerrado com pastagem plantada com *Brachiaria brizantha*, entre outubro de 2001 e setembro de 2002, a evapotranspiração anual foi de 1.155 mm ano⁻¹, igualando-se a precipitação total do período (SILVA, 2003). Com dados de cenários futuros obtidos a partir de simulações do modelo HadCM3 para o ponto de grade mais próximo de Taubaté, Horikoshi e Fisch (2007) propuseram dois cenários para um período de 2010 até 2039: O Cenário A2, descreve um mundo futuro heterogêneo, de regionalização dominante e alto índice de crescimento populacional, com uma ET anual de 1.121 mm e Precipitação anual de 1.421 mm; O Cenário B2, descreve um mundo no qual a mudança tecnológica é mais diversa, com uma ET anual de 1.140 mm e precipitação anual de 1.305 mm.

Diante do cenário hídrico no Estado de São Paulo, com regimes de baixa precipitação, em período que normalmente apresenta-se bastante chuvoso (dezembro de 2013 a fevereiro de 2014), optou-se neste trabalho por utilizar o cenário B2 (HORIKOSHI e FISCH, 2007) em que a ET é de $1.140 \text{ mm} \cdot \text{ano}^{-1}$ ($3,12 \text{ mm} \cdot \text{dia}^{-1}$), com precipitação anual de $1.305 \text{ mm} \cdot \text{ano}^{-1}$ ($3,58 \text{ mm} \cdot \text{dia}^{-1}$) para o cálculo da pegada hídrica da pastagem (Tabela 1). Além desses aspectos, para se calcular o volume de água consumida pelas pastagens por ET é importante se ter claro, a seguinte transformação de unidades:

$$1 \text{ mm} = 1 \text{ litro} \cdot \text{m}^{-2} = 10 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$$

Tabela 1. Dados para cálculo da Pegada hídrica da pastagem.

Evapotranspiração (ET) = $3,12 \text{ mm} \cdot \text{dia}^{-1} = 31,20 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$ *

Área de pastagem da UGHRI 02= 412.446 ha **

Fonte: *Derivado do cenário B2 de Horikoshi e Fish (2007); **IBGE (2011).

Utilizando-se os dados do Tabela 1, chega-se ao volume diário de perda de água da pastagem por evapotranspiração, ou seja, a PH diária da pastagem (PHd_{past}).

$$PHd_{past} = 3,12 \times 412.446 = 12.868.315 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$$

Pegada Hídrica Animal

No cálculo da Pegada Hídrica Animal deve ser levado em consideração os seguintes fatores: clima, ingestão de matéria seca, se a água é fornecida de modo artificial ou se o gado precisa caminhar longas distâncias, para beber, o tipo de pasto utilizado, o peso do próprio animal, entre outros, pois esses parâmetros, em geral, alteram o consumo hídrico dos animais.

Na UGRHI 02 os animais, em geral, são criados soltos no pasto e têm acesso à água por meio de fontes naturais, ou de pequenos represamentos construídos nas propriedades. Na ausência de uma informação mais específica, como referência, para facilitar o entendimento em relação à estimativa da pegada hídrica dos bovinos em geral, foi utilizada a informação de Unidade Animal, que corresponde a um animal adulto de 450 kg (IBGE, 2011). Nesse sistema de criação, o gado bovino consome a água, ao beber, mas também, devolve parte da água por meio da urina.

Dessa forma, no aspecto do uso da água utilizou-se a informação de Soares Filho (1998), de que um animal adulto, que possui em torno de 500 kg de peso vivo, consome em média de 55 L .dia⁻¹ de água. Rodrigues et al. (2008) relataram que um bovino adulto urina, em média, 8 a 12 vezes por dia e que em cada evento, produz em média de 1,6 a 2,2 litros de urina.

Considerando um valor médio desses eventos, encontra-se um valor de 19 L .dia⁻¹ de urina. Essa urina excretada deve ser subtraída da parte da água ingerida pelos animais, já que ela retorna para o meio ambiente. Com base nesses dados, foi montado a Tabela 2 para a estimativa da pegada hídrica animal (*PHD_{animal}*), padronizados para a Unidade Animal.

Tabela 2. Dados para o cálculo da Pegada hídrica animal.

*Peso da Unidade Animal (UA) = 450 kg

*Total de UA na UGRHI 2 = 669.697 UA

**Consumo de água UA = 49,5 L .dia⁻¹

***Quantidade de urina UA = 17,1 L .dia⁻¹

Consumo de água da UA menos urina = 32,40 L .dia⁻¹ = 0,0324 m³. dia⁻¹

Fonte: *IBGE (2011); ** Derivado de Soares Filho (1998); ***Derivado de Rodrigues et al. (2008)

Considerando os dados constantes da Tabela 2, chega-se à Pegada Hídrica Animal (PHd_{animal}) da seguinte forma:

$$PHD_{animal} = 0,0324 \times 669,697 = 21.698,18 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$$

É importante ressaltar que no cálculo da PHd animal não foram levadas em consideração outras perdas como a transpiração, fezes e a água incorporada ao corpo do animal.

O cálculo da Pegada Hídrica diária da pecuária (PHd_{pec}) na UGRHI 02 será obtida pela soma da PH da pastagem com a PH animal, como se segue:

$$PHD_{pec} = 12.868.315 + 21.698 = 12.890.013 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$$

Ao analisar o balanço hídrico (2010-2039) para o cenário B2 de Horikoshi e Fish, (2007), observa-se que a diferença anual da quantidade de água que chega à superfície do solo por precipitação e o que é perdido para a atmosfera por evapotranspiração corresponde a um superávit de 165 mm. Contudo, o balanço mensal demonstra que de março a agosto (seis meses) ocorre deficiência hídrica de 45 mm anual e de novembro a fevereiro (quatro meses), há excedente hídrico de 210 mm anual.

Para completar o balanço hídrico referente à pecuária é necessário calcular o Regime Pluviométrico (RP) da área de pastagem, com dados de precipitação média diária de 3,58 mm dia⁻¹ de Horikoshi e Fisch (2007) é possível se calcular o Regime pluviométrico diário da pastagem (RPd em m³. dia⁻¹) por meio da multiplicação da precipitação pela área de pastagem da UGHI 02, da seguinte forma:

$$RPd_{past} = 3,58 \times 412.446 = 14.765.570 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$$

A Disponibilidade Hídrica diária da área de pastagem (DHd_{past} em $\text{m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$) é calculada pela diferença entre o Regime pluviométrico diário (RPd em $\text{m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$) e a Pegada hídrica diária da área de pastagem (PHd_{PECEM} em $\text{m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$), como se segue:

$$DHd_{past} = 14.765.570 - 12.890.013 = 1.875.557 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$$

A Tabela 3 traz o resumo dos resultados obtidos no cálculo da Pegada Hídrica diária da pecuária.

Tabela 3. Regime pluviométrico, Disponibilidade e Pegada Hídrica diária da pecuária na UGRHI 02

Pegadas Hídricas	Volume unitário ($\text{m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$)
RPd = Regime pluviométrico diário da pastagem	14.765.570
PHd_{past} = Pegada Hídrica diária da pastagem	12.868.315
PHd_{animal} = Pegada Hídrica diária Animal	21.698
PHd_{pec} = Pegada Hídrica diária da pecuária	12.890.013
DHd_{past} = Disponibilidade Hídrica diária da pastagem	1.875.557

Conforme se pode observar existem $1.875.557 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$ de Disponibilidade Hídrica da área de pastagem por dia, o que demonstra que esse volume é excedente e, portanto, não há risco de escassez estando em acordo com o balanço hídrico de (HORIKOSHI; FISCH, 2007).

Pegada Hídrica da eucaliptocultura

Para estimar a pegada hídrica da eucaliptocultura na região, foi estimada, inicialmente, a área total com plantios de eucalipto na região no

Vale do Paraíba do Sul na UGRHI 02. De acordo com Anacleto *et al.* (2016) a área com plantios de eucalipto, em 2013 foi de 121321 ha. Segundo Queiroz e Barrichello (2007), anualmente uma árvore de eucalipto consome 4.410 L .ano⁻¹ de água. A precipitação anual (1305 mm) utilizada para a área de eucalipto é aquela estimada para o cenário B2 do balanço hídrico para o Município de Taubaté (HORIKOSHI e FISCH, 2010) e a Evapotranspiração anual de (1.140 mm) que corresponde a aproximadamente 87% da Precipitação. Considerando o espaçamento tradicional de plantio de eucalipto de 3 x 2 metros, na UGRHI 02 resulta em uma quantidade de 1666 árvores por hectare, e assim, foi calculada a Pegada Hídrica da eucaliptocultura levando em consideração os dados apresentados no Tabela 4.

Tabela 4. Dados para o cálculo da Pegada hídrica da eucaliptocultura.

ET = 3,12 mm.dia ⁻¹ * ha = 31,20 m ³ . ha ⁻¹ . dia ⁻¹
Precipitação na área de eucalipto = 3,58 mm .dia ⁻¹ * = 35,8 m ³ . ha ⁻¹ .dia ⁻¹
Área plantada = 121.321 ha**

Fonte: Horikoshi e Fish (2007)*; Anacleto *et al.* (2016) **

O Cálculo da Pegada Hídrica diária do eucalipto em m³.dia⁻¹ (PHd_{euca}) pode ser obtido pelo produto da ET eucalipto pela sua área de cultivo na UGRHI 02 constantes do Tabela 4, conforme se segue:

$$PHd_{eucalipto} = 3,12 * 121321 = 3.785.215 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$$

O Regime Pluviométrico diário (RP_{euca} em m³. ha⁻¹. dia⁻¹) pode ser calculado multiplicando-se Precipitação diária (Pd_{euca} em m³. ha⁻¹. dia⁻¹) pela Área de cultivo de Eucalipto (ha) na UGRHI 02 do Tabela 4 da seguinte forma:

$$RPd_{\text{eucalipto}} = 35,8 * 121321 = 4.343.292 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$$

Porém, como a finalidade da eucaliptocultura é servir como matéria prima para a produção de carvão vegetal, lenha, madeira em tora para papel e celulose, bem como madeira em tora para outras finalidades, o consumo hídrico exigido por seus diferentes produtos (Tabela 5), com destaque para a produção de papel e celulose, é relativamente alto e deve ser contabilizado no cálculo da PH.

A quantidade de madeira em tora destinada à produção de papel e celulose na UGHRI 02 é de 1.733.506 m³ IBGE (2011). Com relação à utilização de toras de eucalipto para a produção de celulose e papel, Foelkel (2005) afirmou que para produzir uma tonelada de celulose são necessários 3,75 m³ de madeira e que para a produção de uma tonelada de papel são utilizados de 700 kg a 1000 kg de celulose, o que dá uma média de 850 kg de celulose.

Tabela 5. Quantidade de diferentes produtos produzidos na silvicultura na UGHRI 02.

Produtos da Silvicultura	1990	1995	2010
Carvão Vegetal (ton.)	192	992	289
Lenha (m ³)	390	43.841	40.607
Madeira em tora para papel e celulose (m ³)	1.784.882	1.091.276	1.580.926
Madeira em tora para outras finalidades (m ³)	69.896	128.013	109.326

Fonte: IBGE (2011).

Com relação ao uso da água, Freitas Júnior (2011) relatou que para a produção de uma tonelada de papel são necessários 100 m³ de água. Com

a finalidade de se calcular a pegada Hídrica da produção de papel e celulose, os dados necessários foram agrupados na Tabela 6

Tabela 6. Produção de papel na área de estudo.

Situação A (Celulose)	Situação B (Madeira, Papel)
1 t celulose	3,75 m ³ madeira
462.268,27 t celulose	1.733.506 m ³ madeira
0,850 t celulose	1 t papel
462.268,27 t celulose	543.845 t .ano ⁻¹ papel

Fonte: Foelkel (2005).

. Dessa forma, utilizando-se os dados da Tabela 6, chega-se ao valor da Pegada hídrica diária da produção de papel (PHd_{papel} em m³.dia⁻¹) pela multiplicação da produção de papel da UGRHI 02 pelo volume de água utilizado para cada tonelada de papel produzido, da seguinte forma:

$$PHd_{papel} = 543.845,02 * 100/365 = 148.998,64 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$$

Considerando também a produção de papel, a disponibilidade hídrica diária da área de eucaliptocultura em m³. ha⁻¹. dia⁻¹ pode ser calculada pela diferença entre a Precipitação diária (RPd_{euca}), a Pegada Hídrica diária do eucalipto (PHd_{euca}) e a Pegada hídrica diária da produção de papel (PHd_{papel}) em m³.dia⁻¹, pode ser calculada por:

$$DHD_{eucalipto} = 4.343.292 - 3.788.855 - 148.999 = 4.054,38 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$$

Na perspectiva de se ampliar a produção de papel na UGRHI 02, pode-se observar que a Disponibilidade Hídrica do eucalipto (DH_{euca}) dividida por 100 m³/ton de água, que é a volume de água necessário para produzir uma tonelada de papel (FREITAS JÚNIOR, 2011), chega-se ao

valor de 4.054,38 t dia⁻¹ que seria a quantidade máxima de produção de papel que a área de estudo suportaria.

Portanto, a produção poderia ser aumentada em 2.564,40 t . dia⁻¹ de papel considerando a produção da UGRHI 02 de 1.489,98 t . dia⁻¹ de papel (FOELKEL, 2005), ou seja, poderia dobrar a produção de papel.

A Tabela 7 apresenta um resumo do uso da água pela eucaliptocultura.

Tabela 7. Regime pluviométrico, Disponibilidade e Pegada Hídrica diária da eucaliptocultura na UGRHI 02.

Pegadas Hídricas	Volume unitário (m ³ . dia ⁻¹)
<i>RP_{euca}</i> = Regime pluviométrico diário eucaliptocultura	4.343.292
<i>PHd_{euca}</i> = Pegada Hídrica diária do eucaliptocultura	3.785.215
<i>PHd_{papel}</i> = Pegada Hídrica diária da produção de papel	148.999
<i>DH_{euca}</i> = Disponibilidade Hídrica diária eucaliptocultura	409.078

Projeção de expansão no cultivo do eucalipto

Nessa etapa, fez-se a consideração da situação em que se projeta a expansão da eucaliptocultura, na UGRHI 02. Essa expansão não pode ser feita em detrimento das áreas de floresta nativa, mas sim em áreas ocupadas por pastagens, as quais têm sido utilizadas pela pecuária.

A pecuária representa menos de 1% da atividade econômica total, mas ocupa mais de 60% das terras da bacia e é resultado de anos seguidos de desmatamentos e da erosão dos solos. Na região, a atividade agropecuária, em geral, encontra-se em contínuo declínio e constante êxodo da mão-de-obra (AGEVAP, 2011).

Como exposto, tem sido observado que o percentual de ocupação da área em bacias hidrográficas pelas plantações florestais é fator importante para o balanço hídrico, trabalhos em microbacias experimentais,

mostram que não há alteração no deflúvio se as plantações florestais ocupam até 20% da área da bacia hidrográfica (LIMA, 2010).

Com base neste valor de 20%, foi realizada a projeção na expansão da eucaliptocultura na região da UGRHI 02, e o que isso representaria em termos de consumo hídrico. Em estudo sobre a distribuição espacial de plantios de eucalipto no trecho paulista da bacia hidrográfica Rio Paraíba do Sul (ARGUELLO *et al.*, 2007) encontraram 7,1% da região ocupada por florestas de eucaliptos, já Anacleto *et al.* (2016) mencionam uma ocupação de 121.321 ha (8,5% da área da bacia), em 2013. Dessa forma, a área ocupada com eucalipto para que ele possa atingir 20% da área da bacia iria para 283.793 ha. Portanto, um aumento de 162.472 ha que consequentemente seria o valor da diminuição da área de pastagem que passaria de 412.446 ha para 249.974 ha.

Dessa forma, a Pegada hídrica do eucalipto com área expandida seria:

$$PHd_{\text{eucalipto expandida}} = 31,2 * 283.793 = 8.854.335 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$$

De forma similar ao cálculo da área original de eucalipto (referência de 2013), o cálculo da RP_{eucalexp} pode ser obtido pela multiplicação da Precipitação diária pela área expandida de eucalipto:

$$RPd_{\text{eucalexp}} = 35,8 * 283.793 = 10.159.782 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$$

A Disponibilidade Hídrica da área de eucalipto expandida, pode ser calculada pela diferença entre o Regime Pluviométrico e a Pegada Hídrica diária, como segue:

$$\mathbf{DHd_{eucaexp} = 10.159.782 - 8.854.335 = 1.305.447 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}}$$

Para se calcular a Pegada Hídrica da produção de papel referente à área expandida de eucalipto, considerou-se que volume de madeira em tora na UGHRI 02 era de 1.733.506 m³ (IBGE, 2011), fez-se a estimativa da quantidade de madeira em tora disponível para a produção de papel na área expandida.

Assumindo a mesma matriz de uso atual da madeira do eucalipto, pode-se estabelecer a seguinte relação: Se em 106.296 ha se produz 1.733.506 m³ de madeira, em 283.793 ha a quantidade de madeira em tora que poderá ser produzida será de 4.628.175 m³.

Assim, de modo análogo ao realizado anteriormente, levou-se em conta aqui as informações de Foelkel (2005) de que para produzir uma tonelada de celulose são necessários 3,75 m³ de madeira, tem-se portanto 1.234.180 t. de celulose, e que para a produção de uma tonelada de papel são utilizados em média 850 kg de celulose, tem-se a produção de 1.451.976 t.ano⁻¹ de papel ou 3.978 t. dia⁻¹ de papel. Considerando também o relatado por Freitas Júnior (2011) de que para a produção de uma tonelada de papel são necessários 100 m³ de água, pode-se calcular a Pegada Hídrica diária do papel da área expandida de eucalipto:

$$\mathbf{PHd_{papelexp} = 3.978 \cdot 100 = 397.800 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}}$$

A disponibilidade hídrica diária da área de expandida da eucaliptocultura deve ser então calculada pela diferença entre o Regime Pluviométrico diário, a Pegada Hídrica diária do eucalipto e a Pegada Hídrica diária do papel da área de expansão da seguinte forma:

$$\text{DHd}_{\text{eucaexp}} = 10.159.782 - 8.854.335 - 397.800 = 907.645 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$$

Com essa disponibilidade hídrica, constata-se que poder-se-ia produzir 9.076 t.dia⁻¹ de papel, que seria a quantidade máxima de papel que a UGRHI 02 suportaria sem gerar déficit hídrico, tendo toda sua área ocupada com 20% plantados com eucalipto. Um resumo do uso da água para a hipótese de 20% da UGRHI 02 ser ocupada por eucalipto é apresentado na Tabela 8.

Tabela 8. Uso da água pela eucaliptocultura ocupando 20% da área total da UGRHI 02 (283.793 ha).

Disponibilidade e uso da água pela eucaliptocultura	m³. dia⁻¹
RP eucalipto	10.159.782
PH eucalipto	8.854.335
PH papel	397.800
DH eucaliptocultura	907.645

Pegada Hídrica da Pastagem com área reduzida

Ao ocorrer a expansão da eucaliptocultura, ocorre consequentemente, uma redução da atividade pecuária devido à redução das áreas de pastagem em 162.472 ha. Dessa forma, a área de pastagem na UGRHI 02 ficaria reduzida de 412.446 ha (IBGE, 2011) para 249.974 ha.

Considerando os parâmetros já definidos de consumo de água da pastagem por evapotranspiração de 31,20 m³. ha⁻¹. dia⁻¹ (HORIKOSHI e FISH, 2007), a Pegada hídrica diária da pastagem com redução de área é calculada de modo análogo ao anterior pela multiplicação da Evapotranspiração diária pela Área reduzida de pastagem, chegando-se ao valor de:

$$\text{PHd}_{\text{pastr}} = 31,20 * 249.974 = 7.799.195 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$$

Em seguida, considerando-se a multiplicação da precipitação média diária na região da UGRHI 02 de $35,80 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$ pela área reduzida de pastagem, calculou-se o Regime Pluviométrico diário da seguinte forma:

$$RPd_{\text{pastr}} = 35,8 * 249.974 = 8.949.076 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$$

Portanto, a demanda hídrica da área reduzida de pastagem pode ser obtida pela diferença entre o Regime Pluviométrico diário e a Pegada hídrica diária da pastagem com redução de área, chegando-se ao valor de $1.132.465,54 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$.

$$DHD_{\text{pastr}} = 8.949.076 - 7799195 = 1.149.881 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$$

Pegada Hídrica da pecuária com a área pastagem reduzida

Em consequência da expansão da eucaliptocultura, ocorreria a redução de área da pastagem, como consequência também, uma mudança da quantidade de unidade animal (UA) na UGRHI 02. Considerando a média de UA a igual a $1,62 \text{ ha}^{-1}$ (IBGE, 2011) na região, 249.974 ha de pastagem suportariam 404.958 UA . Com esses valores e considerando o consumo de água da UA menos urina igual a $0,0324 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$, pode-se calcular a Pegada Hídrica diária Animal com área de pastagem reduzida por meio do produto do Consumo Água da unidade animal pelo total de unidade animal na área, chegando-se ao seguinte resultado:

$$PHd_{\text{anpr}} = 0,0324 * 404.958 = 13.120 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$$

Dessa forma, a Pegada Hídrica da pecuária em função da substituição de parte da área de pastagem pela eucaliptocultura pode ser calculada somando-se os valores da Pegada Hídrica diária da pecuária com a Pegada Hídrica diária Animal, conforme demonstrado a seguir:

$$PHd_{pecr} = 7.799.195 + 13.120 = 7.812.315 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$$

A Disponibilidade hídrica diária da pecuária com área de pastagem reduzida é calculada de modo análogo ao que já foi feito anteriormente para a pecuária pela diferença entre Regime Pluviométrico diário e a Pegada Hídrica da pecuária da seguinte forma:

$$DHd_{pecr} = 8.949.076 - 7.812.315 = 1.136.760 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$$

Na Tabela 9 apresenta-se um resumo do balanço de água da pecuária da área reduzida de pastagem pela expansão da eucaliptocultura UGRHI 02.

Tabela 9. Uso da água pela pastagem com área reduzida em função da expansão da área de eucalipto na UGRHI 02.

Disponibilidade e uso da água pela pecuária	m³. dia⁻¹
RP pecuária	7.812.315
PH pastagem	7.799.195
PH animal	13.120.000
PH pecuária	7.812.315
DH pecuária	1.136.760

CONCLUSÃO

Com base na análise dos dados anuais, para o período de estudo, foi possível observar que a disponibilidade de água verde total da bacia parece atender às demandas relativas aos principais usos vegetais da bacia (eucalipto e pastagem) e suportar um crescimento das áreas plantadas com eucalipto para atingir até 20% da área da bacia UGRHI 02, sem restrição de água. Obviamente, há sempre que se considerar os usos conflitivos da água, para a gestão dos recursos hídricos da região.

De fato, a disponibilidade hídrica, com base em dados da área de eucalipto de 2013 (ANACLETO *et al.*, 2016) e de pastagem (IBGE, 2011) revelou que havia uma disponibilidade hídrica excedente na bacia de 2.284.634 m³. dia⁻¹ para atender à demanda da pastagem, incluindo a pecuária bovina mais a eucaliptocultura, incluindo a produção de papel a partir da celulose. A simulação da ampliação da área de eucalipto para ocupar até 20% da área de toda a bacia (UGRHI 02), mantendo todos os mesmos serviços, ainda permite uma disponibilidade hídrica de 2.044.405 m³. dia⁻¹. Isso revela uma diminuição na disponibilidade hídrica muito pequena (10,5%). Por outro lado, representa um grande crescimento (de 8,5% para 20%) da área ocupada com eucalipto na bacia e quase o dobro da capacidade de produção de papel (de 1.489,98 t .dia⁻¹ para 2.564,40 t . dia⁻¹).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. Q. **Dinâmica hídrica em microbacias cultivadas com eucalipto e pastagem no leste de Minas Gerais**. 2012. 77f. Tese (Doutorado)- Curso de Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

ANACLETO, L. M.; BATISTA, G. T. Eucalipto no Trecho Paulista da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul – SP. In FORTES, N.P e FORTES NETO, P (Orgs). Ciências Ambientais, v.2, Editora da UNITAU, Taubaté, 2017.

ANEEL- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Org.). Mapa das Bacias Hidrográficas no Brasil. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/area.cfm?id_area=104. Acesso em: 10 fev. 2014.

ARGUELLO, F. V. P.; BATISTA, G. T.; PONZONI, F. J.; DIAS, N. W. Distribuição espacial de plantios de eucalipto no trecho paulista da bacia hidrográfica Rio Paraíba do Sul, SP, Brasil. *Revista Ambiente - Água*, Taubaté, v.5, n.3, p. 133-146, 2007.

AZEVEDO, L. G. T.; PORTO, R. L. L.; PORTO, M. Sistema de apoio à decisão para o gerenciamento integrado de quantidade e qualidade da água: metodologia e estudo de caso. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.3, n.1, p. 21-51, 1998.

CBH-PS, Comitê das bacias hidrográficas do rio Paraíba do Sul. Plano da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul (UGRHI-02) 2009-2011. Fundação Cristiano Rosa, Piquete, SP. 2009.

COPPETEC. Laboratório de Hidrologia e Estudos de Meio Ambiente. Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul – Resumo: Diagnóstico dos Recursos Hídricos - Relatório Final. Relatório contratual para Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul - AGEVAP Resende: AGEVAP, 2006.

FOELKEL, C. “Minerais e nutrientes das árvores dos eucaliptos: Aspectos ambientais, fisiológicos, silviculturais e industriais acerca dos elementos inorgânicos presentes nas árvores”. *Eucalyptus Newsletter*, n. 2, out. 2005.

FOLHES, M.T. ; RENNÓ, C. D.; FISCH, F. G. Caracterização espaço-temporal do regime pluviométrico na parte paulista da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul. In: I Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: o Eucalipto e o Ciclo Hidrológico. Taubaté, Brasil, 07-09 novembro 2007, IPABHi, p. 359-361.

FREITAS JÚNIOR, G. **O eucalipto no Vale do Paraíba Paulista: Aspectos geográficos e históricos**. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

FREITAS JUNIOR, G.; MARSON, A. A.; SOLERA, D. A. G. Os eucaliptos no Vale do Paraíba paulista: aspectos geográficos e históricos. *Revista Geonorte*, edição especial, v.1, n.4, p.221 – 237, 2012.

HOEKSTRA, A.; CHAPAGAIN, A **Globalization of water: Sharing the planet’s freshwater resources**. Blackwell Publishing (2008). Oxford, UK.

HOEKSTRA, A. Y., CHAPAGAIN, A. K., ALDAYA, M. M., MEKONNEN, M. M. The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard. London: Earthscan, UK, 2011.

HORIKOSHI, A. S.; FISCH, G. Balanço hídrico atual e simulações para cenários climáticos futuros no Município de Taubaté, SP, Brasil. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v.2, n.2, p-33-46, 2007.

IBGE. **Censo Agropecuário 2011**: dados preliminares. Cidades, 2013. Disponível em:

<<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/default.shtm>>. Acesso: 20 mai. 2013.

LIMA, W. P. A silvicultura e a água: Ciência, dogma e desafios. Caderno de diálogos, v.1. Rio de Janeiro: Instituto Bioatlântica, 2010. 65 p.

MARENCO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade**: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. Brasília: MMA: 2006.

MEDEIROS, S. de S.; SOARES, A. A.; FERREIRA, P. A.; NEVES, J. C. L.; MATOS, A. T. DE; SOUZA J. A. A. de. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: Estudo das alterações químicas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.4, p.603-612, 2005.

QUEIROZ, L.R.S.; BARRICHELLO, L.E.G. **O Eucalipto**: um século no Brasil 1908-2008. São Paulo: Antônio Belline, 2007.

RODRIGUES, A. M; CECATO, U.; FUKUMOTO, N. M.; GALBEIRO, S.; SANTOS, G.T.; BARBERO, L. M. Concentrações e quantidades de macronutrientes na excreção de animais em pastagem de capim-mombaça fertilizada com fontes de fósforo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 6, p.991-997, jun. 2008.

SEIXAS, V. S. de C. **Análise da pegada hídrica de um conjunto de produtos agrícolas (2011)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente). Faculdade de Ciências e Tecnologia. Portugal, Universidade Nova Lisboa, Lisboa, 2011.

SILVA, J. C. Perspectivas do setor florestal brasileiro. **Revista da Madeira**, Curitiba, ano 13, n. 75, p. 04-06, 2003.

SOARES FILHO, C. V.; Manejo de Bovinos Leiteiros Adultos. Araçatuba- SP: Universidade Estadual Paulista, 1998. 12 p.

TARGA, M. S.; BATISTA, G. T. Benefits and legacy of the water crisis in Brazil. **Revista Ambiente e Água**, v. 10, n. 2, 2015.

CAPÍTULO 4

Processos erosivos na fronteira agrícola do MATOPIBA: Fragilidade do meio físico natural e dinâmica do uso da terra

Silvio Jorge C. Simões¹ e Luciene Gomes²

INTRODUÇÃO

Uma região que durante muitos anos foi esquecida no interior do país tem sido apontada como a nova fronteira agrícola do país e tem chamado a atenção da comunidade internacional. Designada pelo Ministério da Agricultura de “MATOPIBA” hoje é a região que mais cresce em área plantada do país. O acrônimo se refere aos quatro estados em que está inserido: Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia.

O MATOPIBA equivale a porção norte do cerrado brasileiro com uma dimensão do território calculada em torno de 730.000 quilômetros quadrados e com uma população estimada em 1.800.000 habitantes espalhada por 337 municípios nos quatro estados Miranda *et al* (2014).

O assentamento desta fronteira agrícola induziu mudanças substanciais no uso da terra, na organização agrícola e nas técnicas de produção com importantes consequências ambientais e econômicas (VANWEY *et al.*, 2013).

¹UNESP - Universidade Estadual Paulista - Campus São José dos Campos, Instituto de Ciência e Tecnologia ICT/UNESP, Estrada Doutor Altino Bondesan, 500 - Distrito de Eugênio de Melo, São José dos Campos/SP. CEP: 12.247-060. E-mail: silvio.simoes@ict.unesp.br

²INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, CCST - Centro de Ciência do Sistema Terrestre. Av. dos Astronautas, 1.758 - Jd. da Granja, São José dos Campos/SP. CEP: 12227-010. E-mail: luciene.gomes@inpe.br

O processo de crescimento vertiginoso de áreas agrícolas tem que ser avaliado com cuidado em termos de consequências ambientais e de degradação dos solos. Situações relativamente recentes mostram como os efeitos ambientais e econômicos podem ser severos quando este processo não é conduzido de forma sustentável. Como exemplo, na década de 30 o meio-oeste americano passou por uma catástrofe ambiental que erodiu extensas áreas das planícies A *dust bowl*, como é chamada, reduziu de forma significativa o valor das terras agrícolas nos municípios mais suscetíveis a erosão (HORNBECK, 2012). Situação semelhante pode estar acontecendo no centro-oeste brasileiro onde a velocidade de expansão agrícola no Cerrado particularmente na sua porção Norte, o MATOPIBA, pode estar ocorrendo acima do limite de resiliência da paisagem e da capacidade de suporte do meio físico natural da região.

A condição de erosão acelerada (TOY, 1982), ainda que esteja, na maioria dos casos, associadas as atividades humanas, pode ocorrer devido a situações naturais desfavoráveis. Solos com elevado potencial de erodibilidade, mesmo em condições de relevos planos ou suaves ou relevos íngremes desprovidos de cobertura vegetal são condições naturais que podem conduzir a processos erosivos intensos em grande escala.

Alguns autores tem apontado os ambientes no Brasil com maior potencial de degradação e de suscetibilidade erosional (PEREIRA *et al.*, 1994; GUERRA E JORGE, 2014). Em ambos estes estudos, regiões no interior do Cerrado aparecem como exemplo de *badlands* com elevado potencial erosivo natural. Outras regiões mencionadas estão no Oeste do estado de São Paulo (arenitos Caiuá e Bauru) e a região de Alegrete no Rio Grande do Sul. O que estas regiões tem em comum é que o seu uso e manejo exigem cuidados especiais e diferenciados baseados em procedimentos e técnicas sustentáveis. Em alguns casos já são bem

identificados processos de arenização, como é o caso de Alegrete no Rio Grande do Sul (SOUTO, 1993), onde o teor de areia nos solos podem alcançar cerca de 90% que, em condições de baixa umidade, podem ser altamente suscetível ao transporte pelo vento.

Quando o Homem interfere nestes solos removendo a cobertura vegetal, gerando pastoreio excessivo ou utilizando para agricultura intensiva estabelece um sistema de retroalimentação positiva (afastamento das condições de equilíbrio) tornando-se cada vez mais degradada as condições já inadequadas da paisagem. Neste sentido, este trabalho procura abordar os aspectos naturais e de uso da terra na região do MATOPIBA avaliando a sua vulnerabilidade ambiental particularmente no que se refere a intensificação e crescimento acelerado da atividade agrícola na região.

DESENVOLVIMENTO

Processos Erosivos - Conceitos e Evolução

A erosão é um fenômeno natural que, em escala geológica, é o processo responsável pela remoção de partículas das regiões elevadas que, posteriormente, são transportadas por diferentes agentes (por exemplo., gravidade, vento, cursos d' água) e depositadas nas planícies que se constituem as regiões mais baixas. Em uma escala de milhares de anos, a erosão e a deposição agem integradamente no sentido de estabelecer o chamado "equilíbrio geomorfológico" o qual é responsável por reduzir a diferença de altitude entre as regiões mais montanhosas e as regiões de planícies. Neste contexto, a chamada *erosão geológica* possui taxas bastante baixas e são, na maioria dos casos, imperceptíveis a observação humana.

Entretanto, em diferentes regiões da superfície terrestre, este processo tem sido acelerado para taxas muito superiores as taxas geológicas

onde, na maioria dos casos, a atividade antrópica se constitui no agente principal (HIGGITT, 1993). Por outro lado, dependendo de certas condições, a paisagem tem uma grande suscetibilidade natural aos processos erosivos seja pela alta erodibilidade dos solos, seja por fatores morfométricos do relevo (declividade e hipsografia). Além disto, regiões sujeitas a chuvas rápidas com alta intensidade (caso das regiões tropicais e sub-tropicais) favorecem ao que se designa de *splash* onde grande quantidade de gotas de grande dimensão (maior que 6,0 mm), ao se chocarem no solo, formam pequenas crateras e posteriormente estes grãos são deslocados e levados por agentes de transporte. Partículas oriundas do *splash* podem se mover mais de 60 cm verticalmente e 1,5 metros lateralmente (ARAUJO *et al.*, 2009) e depois podem ser deslocadas pela gravidade aproveitando a inclinação das encostas. Neste sentido, a presença da vegetação tem um papel bastante importante na erosão pluvial pois reduz significativamente a erosão evitando o impacto destas gotas sob o solo. Portanto, o uso da terra tem um papel primordial neste processo onde a remoção da vegetação resulta na aceleração da erosão. Pastagens com elevada compactação - que dificultam a infiltração da água no solo - e diferentes tipos de cultura agrícola podem criar as condições básicas para ampliar em larga escala a quantidade de solo deslocado para os sistemas de drenagem natural. A forma como manejamos a terra é outro fator que pode interferir diretamente na quantidade de perda de solo.

Uma outra maneira de classificar a erosão é dividindo-a em *laminar* e *linear*. A erosão laminar designada algumas vezes de *erosão agrícola* caracteriza-se pelo escoamento difuso, em uma camada inclinada, das águas das chuvas removendo a camada superficial do solo de forma quase homogênea. A erosão linear corresponde às formas de erosão causadas por escoamento superficial concentrado formando canais de

diferentes tamanhos. Neste caso, o desprendimento das partículas do solo e o seu transporte segue determinadas condições hidráulicas desse escoamento. Os *sulcos* e *ravinas* são formas de erosões lineares devido a este escoamento superficial concentrado. Em alguns casos, o escoamento superficial e o escoamento sub-superficial podem atuar junto, formando as *voçorocas*. Neste caso, funciona um mecanismo designado de "piping" associado a presença do freático que ocasiona processos de erosão interna nos solos. As voçorocas correspondem a um avançado estágio de degradação do solo sendo bastante destrutiva em termos de obras como infraestrutura como rodovias.

A erosão depende, portanto de diversos fatores e pode evoluir de diferentes maneiras. No início dos anos 60 o Departamento de Agricultura dos EUA desenvolveu uma equação empírica designada de Equação Universal de Perdas de Solo (*Universal Soil Lost Equation*) com uma versão mais aprimorada no final da década seguinte (WISHMEIER E SMITH, 1978) e revisões posteriores (RENARD *et al.*, 1991). A USLE tem a seguinte relação:

$$E = R.K.L.S.C.P$$

Onde E corresponde a perda do solo calculada por unidade de área, R corresponde ao fator pluvial, K corresponde a erodibilidade do solo, L e S correspondem ao comprimento e declividade da encosta respectivamente, C é o fator do uso da terra e P se refere as práticas de manejo e controle de erosão. Para um maior detalhamento dos termos desta equação existem uma grande quantidade de publicações entre elas se pode destacar

A USLE constitui-se um método simples e relativamente fácil de calcular a erosão e tem sido aplicada em diferentes regiões ainda que tenha

algumas limitações do seu uso como o fato de ser linear (não considerando as incertezas e não-linearidade dos fenômenos naturais), não prevê a erosão por processos de voçorocamento e não inclui os processos de transferência e deposição de sedimentos se limitando apenas a perda do solo.

No caso da região do MATOPIBA, este processo de linearidade e mesmo peso de todos os fatores que se constitui a USLE precisa ser avaliado com cuidado. Um fator que se destaca é a intensa fragilidade dos solos decorrentes de sedimentação fluvio-deltáica com extensas faixas de sedimentação arenosa. Os solos possuem então uma elevada erodibilidade (R) enquanto que os fatores ligados ao relevo (L e S) seriam menos importantes para a aceleração dos processos erosivos.

A erodibilidade é um fator que normalmente depende de vários índices mas normalmente é baixa na presença de materiais grosseiros e com o aumento de argila e matéria orgânica e cresce na presença de silte e areia fina (ARAUJO *et al.*, 2005). Portanto, os solos com maior potencial de erosão possuem um comportamento granular com partículas com dimensão da ordem de siltes e areias finas conforme ressaltam diferentes estudos experimentais (EVANS, 1980; YOUNG, 1980). Como toda rocha é um agregado de minerais, sua suscetibilidade aos processos erosivos vai depender, portanto, dos minerais que a compõem e da resistência à desagregação entre os minerais (MELFI *et al.*, 1999; FORMOSO, 2006). Como mencionado acima, a atividade erosiva é controlada pela proporção disponível entre as frações areia, silte e argila; ou seja, o risco aos processos erosivos é afetado por pequenas diferenças na textura a qual vai influenciar na percolação de água no solo e também em sua estabilidade. Dentro de uma concepção mais geotécnica Vilar e Prandi (1993), ressaltam que a granulometria é a propriedade dos solos mais estudada na tentativa de se avaliar a suscetibilidade aos processos erosivos e, portanto, a sua

erodibilidade. Ou seja, solos com baixo conteúdo de argila são menos coesivos e são inerentemente instáveis tendo elevado risco à erosão.

Quando uma região com elevada erodibilidade se "alinha" com atividades agrícolas em larga escala e sem os cuidados de um manejo sustentável pode estabelecer condições de erosão acelerada em níveis que ultrapassam a resiliência da paisagem deflagrando processos que substitui a erosão laminar (normalmente com taxas de perdas de solo menores) em erosão linear com o aparecimento generalizado de ravinas e voçorocas.

Os processos de transferência erosão e deposição, que carregam parte da erosão para os sistemas de drenagem são difíceis de serem estimados. A deposição que chega aos cursos d'água eleva em muito o assoreamento e, em alguns casos, tornam os rios inadequados para a vida aquática e acumulam sedimentos em reservatórios que podem reduzir significativamente o seu tempo útil comprometendo a geração de energia por hidro-eletricidade ou o abastecimento de água.

Área de Estudo

A delimitação territorial do MATOPIBA foi proposta a partir de uma ação conjunta entre o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) e a EMBRAPA (MIRANDA *et al.*, 2004) para designar uma área de expansão agrícola com elevado dinamismo de mudança do uso da terra. Ao contrário de outras regiões do país, como a Amazônia, no caso do MATOPIBA, o processo de mudança do uso da terra não está associado a desmatamentos significativos, mas ao uso extensivo de pastagens e mudanças nas condições fundiárias com a utilização destas terras por cultura anual as quais foram intensificadas com o uso de novas tecnologias (SANO *et al.*, 2011; RADA, 2013).

A delimitação da área é uma tarefa complexa, pois envolve defrentes fatores. Como base na delimitação do Cerrado e na análise de dados naturais, agrários, socioeconômicos e de infraestrutura a MATOPIBA foi estabelecida incluindo 337 municípios e representa uma área com 730.000 km² (Figura 1).



Figura 1. Localização do MATOPIBA correspondendo a porção norte do bioma Cerrado (CPRM, 2003)

Geologia

O MATOPIBA se situa em três Províncias Estruturais Brasileiras as quais registram a evolução da tectônica e da história geológica do país

(ALMEIDA *et al.*, 1976). A província do São Francisco é formado por diferentes rochas do embasamento cristalino de idade Brasiliana (em torno de 500 milhões de anos); a província Tocantins tem, no seu centro, as rochas mais antigas do país (algumas delas com mais de 2,6 bilhões de anos) e sequências metamórficas nas suas bordas. Finalmente, tem-se a província Parnaíba a qual é preenchida com uma espessa camada de rochas sedimentares de idade Fanerozóica (período que inicia no Cambriano, a cerca de 500 milhões de anos atrás). Portanto o Matopiba se insere em uma região com dois "núcleos cratônicos" situados mais a sul e grandes bacias sedimentares situadas na região norte.

O Mapa Geológico simplificado da área do MATOPIBA (ênfatizando os principais tipos de rochas) mostra o grande predomínio de rochas sedimentares (Figura 2) que ocupam quatro bacias sedimentares regionais, sendo três delas classificadas como bacias interiores (ou intracratônicas): Bacia do Parnaíba e Bacia do São Francisco, ambas com deposição do Paleo/Mesozóico e Bacia do Bananal com deposição mais recente no Cenozóico (CPRM, 2003). A Bacia de Barreirinhas, também Cenozóica, é classificada como uma bacia de margem equatorial desenvolvida durante a abertura do Atlântico (MACAMBIRRA e CORRÊA, 2007). O conjunto das diferentes *rochas sedimentares* corresponde a cerca de 70% da área do MATOPIBA (Tabela 1) seguido pelas *rochas metamórficas* que ocorrem predominantemente na porção oeste da área ocupando 14% do total. As *rochas ígneas* possuem pequena extensão, cerca de 2% do total, espalhados em corpos graníticos a oeste e sul da área. Finalmente ocorrem o que se designa genericamente de *coberturas* formadas por material inconsolidado de diferentes naturezas onde torna-se difícil identificar o tipo de rocha. As coberturas correspondem a 13,6% do total da área.

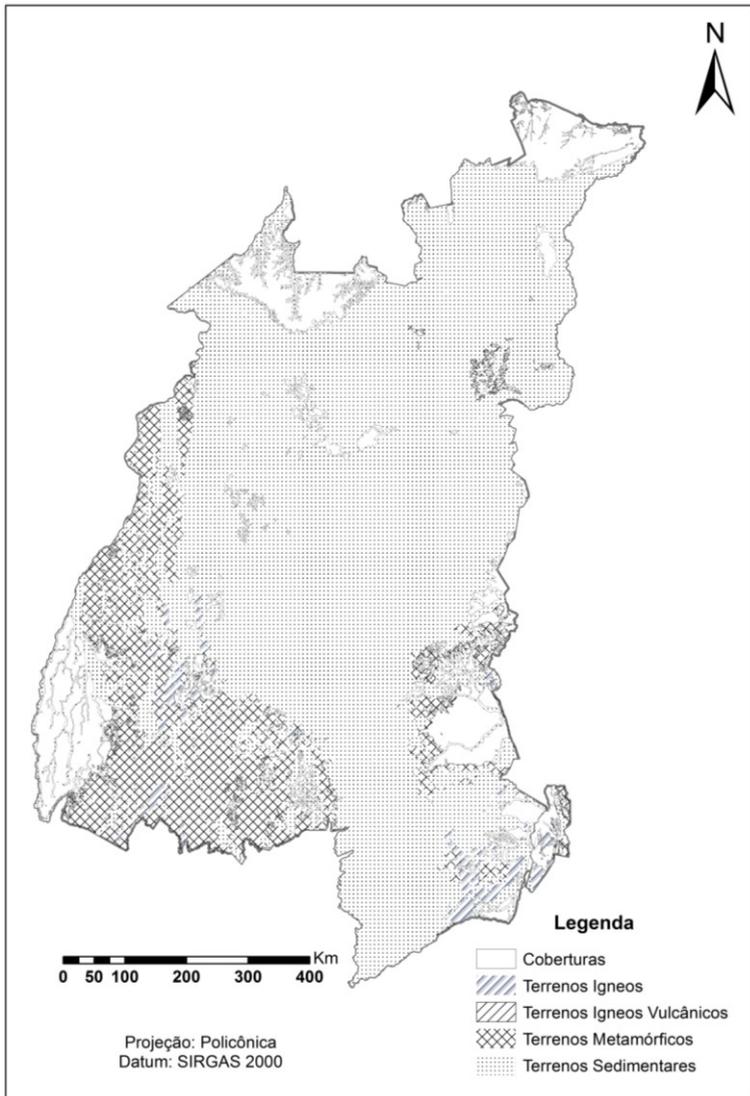


Figura 2. Mapa Geológico simplificado do Matopiba (CPRM, 2003).

Tabela 1. Principais tipos de rochas e sua proporção na área do MATOPIBA

Tipos de rochas	Porcentagem (%)
Coberturas	13,6
Rochas Sedimentares	70,0
Rochas Metamórficas	14,4
Rochas Ígneas	2,0

A partir de uma rápida análise do Mapa Geológico da Figura 2 percebe-se o grande predomínio das áreas sedimentares sobre as rochas cristalinas (ígneas e metamórficas) o que torna fundamental avaliar a origem de formação dos ambientes de sedimentação para entender a evolução dos processos do meio físico e o grau de fragilidade da paisagem.

A evolução das rochas sedimentares foi o resultado de diferentes condições paleoclimáticas na história geológica que afetaram parte da região norte do país onde se inclui o MATOPIBA. As condições de sedimentação na região estão fortemente relacionadas com os processos tectônicos rupturais responsáveis por um conjunto de fraturas e falhas formando estruturas do tipo *grabens* e *rifts* com orientação nordeste a nortesul (GOES e FEIJÓ, 1994).

A região então se constituiu uma grande depressão que possibilitou o acontecimento de diferentes ciclos de sedimentação transgressiva (avanço do mar) e regressiva (recuo do mar) marcados por discordância que estabelecem o fim de cada período de sedimentação; estudos voltados para avaliar o potencial petrolífero da bacia estimam uma espessura de três mil metros para todos os ciclos de sedimentação (SANTOS *et al.*, 2007). Em termos de história geológica, o processo de deposição se iniciou no período Ordoviciano a partir de um complexo

ambiente de sedimentação onde, inicialmente, a transgressão marinha avançou em diferentes direções no interior do continente alcançando as regiões topograficamente mais baixas. Nestas regiões os rios convergiam para formar espessas camadas de sedimentos em ambientes de deltas ou planícies aluvionares constituídas predominantemente de sedimentos de textura clástica, ou seja, com predomínio da fração areia (PETRI & FÚLFARO, 1983; ASSINE *et al.*, 2004). Em seguida, ocorreu um novo período de deposição no Carbonífero com sedimentação eólica em ambiente semi-desértico com dunas (GOES *et al.*, 1990).

Um terceiro ciclo de sedimentação ocorre com a deposição de sedimentos lacustres a continentais constituído por sedimentos argilosos. Como resultado destes ciclos de sedimentação, diversas formações geológicas foram individualizadas na área da bacia sedimentar entre elas a Formação Longá, predominantemente pelítica (predomínio de argila) constituída de folhelhos intercalados com siltitos e as formações Poti e Piauí ambas predominantemente arenosas (SCHOBENHAUS *et al.*, 1984).

Geomorfologia

O Mapa de Geodiversidade do Brasil (CPRM, 2006) produzido na escala 1:1.000.000 identifica, para a região do MATOPIBA, uma grande diversidade de unidades de relevo. Para o objetivo deste trabalho estas unidades foram reclassificadas de sentido de combinar aquelas unidades com características morfológicas (como as formas de relevo) e morfométricas (como a altitude e declividade) com maior similaridade. Desta maneira, as unidades Planícies Costeira, Planícies Fluviais, Terraços e Campos de Duna foram integradas em uma mesma unidade; as unidades Serras, Escarpas e Vales Encaixados por terem características

morfométricas próximas foram agrupadas em outra unidade. O mapa da Figura 3 mostra o Mapa Geomorfológico representando os diferentes conjuntos de relevos do MATOPIBA.

A participação de cada unidade na área assim como as principais características morfométricas de cada uma delas pode ser observada na Tabela 2.

Tabela 2. Principais unidades de relevo, sua proporção na área de estudo e dados morfométricos

Unidades de relevo	Porcentagem (%)	Altimetria (m)	Declividade (%)
Planícies e Campos de Dunas	10,2	2 - 20	0-3 3 a 30
Chapadas, Platôs e Tabuleiros	42,4	0 - 30	0-5
Colinas e Morros Baixos	33,4	20 - 50	3 a 20
Morros e Serras Baixas	4,5	50 - 500	15-35
Serras, Escarpas e Vales Encaixados	9,2	300 - 2000	10 - 45

Conforme se pode observar pela Tabela 2, o conjunto de unidades com maior expressão na área do MATOPIBA é o conjunto designado de *Chapadas, Platôs e Tabuleiros* que representam 42,4% da área total. As amplitudes topográficas são inferiores a 30 metros e possuem baixíssimas declividades (0 a 5%). O predomínio das rochas sedimentares na região reflete estes relevos planos e são, muitas vezes, referidos como relevos de degradação. As superfícies tabulares são pouco dissecadas tendo os seus limites em geral delimitados por vertentes íngremes e escarpadas.

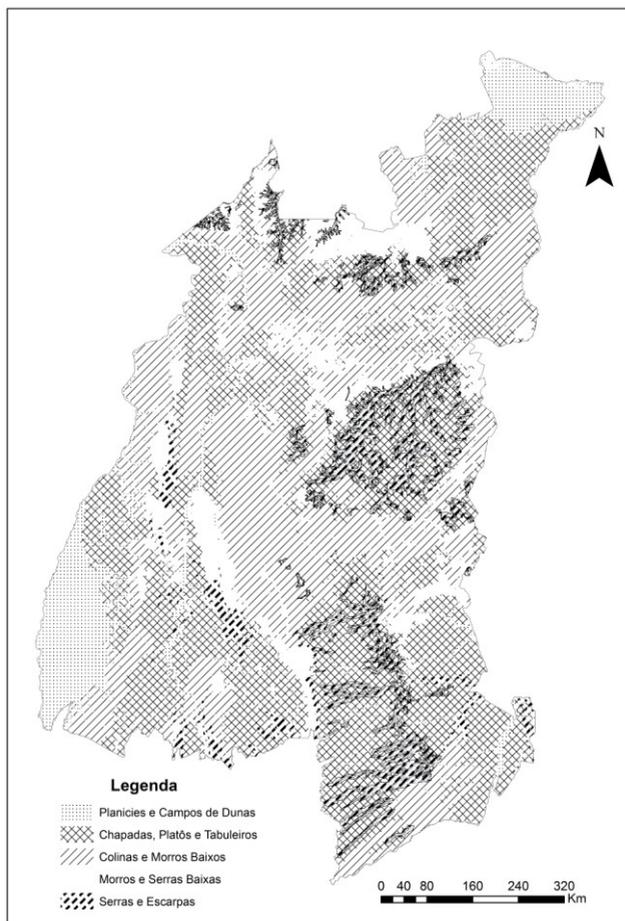


Figura 3. Mapa Geomorfológico do MATOPIBA (CPRM, 2006, modificado)

O segundo conjunto de relevos em importância são representados pelos relevos de *Colinas e Morros Baixos* os quais correspondem a 33,4% da área com pequena variação de altitude e declividades relativamente baixas. O terceiro relevo em importância são as *Serras e Escarpas* as quais foram, neste trabalho, associados com a unidade *Vales Encaixados*

alcançando 9,2% do total da área. Este conjunto de relevo situa-se em diferentes porções do MATOPIBA normalmente circundando as rochas sedimentares. As declividades são elevadas e as amplitudes podem alcançar dois mil metros de altitude. O conjunto de *Morros e Serras Baixas* corresponde a apenas 4,5% da área e tem, sua principal representatividade, em uma faixa de direção NW-SE recortando a área entre os relevos mais colinosos e os relevos de serras. Neste sentido representam um relevo de transição entre o conjunto de rochas sedimentares (com predomínio de relevos planos e colinosos) e os relevos de rochas cristalinas (com relevos de morros altos e serras).

As regiões de *planície fluviais e litorâneas* correspondem aos *relevos de agradação* e totalizam 10,2% da área total. A condição de deposição fluvial, associada a relevos suaves com declividades médias inferiores a 5%, favoreceu o desenvolvimento de padrões de drenagem paralela que se diferencia nitidamente dos padrões de drenagem dendrítica (ou arborescentes) que são normalmente encontrados em diferentes regiões do país. No caso dos padrões de drenagem plano-paralela, os cursos d'água fluem paralelamente e se encontram com os rios principais formando ângulos bem agudos. Estas condições podem ser observadas na parte do MATOPIBA que corresponde a região oeste baiana onde o padrão plano-paralelo tem uma extensão relativamente longa estando associado aos terrenos sedimentares e a sistemas de falhamentos espaçados paralelos que imprime ao relevo uma forma de *cueta*. Conforme ressaltam Suguio & Bigarella (1990), estas formas assimétricas são comuns de ocorrer em rochas sedimentares estratificadas com diferentes resistências à erosão fornecendo ao relevo uma aparência monoclinal, ou seja, as camadas mergulham em um único sentido. A consequência deste tipo de relevo é um elevado grau de dissecação da paisagem que favorece a verticalização da

drenagem e uma maior erosão nas vertentes escarpadas quando comparada as vertentes suavizadas.

Pedologia

Os processos de intemperismo das rochas, as condições específicas dos regimes de precipitação e diferentes fatores abióticos e bióticos como relevo e vegetação favorecem o aparecimento de uma grande variedade de solos com cores, texturas e estruturas distintas no MATOPIBA. A partir do Mapa de Solos do Brasil (Embrapa, 2006), se pode observar que no MATOPIBA ocorrem onze unidades pedológicas correspondendo ao 1º nível do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, ou seja, aquele nível que representa a maior generalização (por exemplo, Argissolos, Cambissolos, Latossolos).

Para a finalidade deste trabalho e, da mesma forma que para o Mapa Geomorfológico, as unidades pedológicas foram reagrupadas e reclassificadas no sentido de apontar os grandes conjuntos de solos existentes no MATOPIBA e que podem possuir suscetibilidade distinta aos processos erosivos. Por conseguinte, foram definidos sete unidades que são observadas no mapa da Figura 4.

Os solos com maior representação espacial são os *Latossolos* que ocupam 37,1% dos solos da área de estudo (Tabela 3). Estes solos são subdivididos em duas sub-ordens: *Latossolos amarelos e vermelhos distróficos*. A composição mineralógica destes solos é predominantemente constituída de quartzo, minerais de argila e os óxidos de alumínio e de ferro formando horizontes B espessos (JACOMINE, 1976).

As propriedades de estrutura, porosidade, permeabilidade e drenagem que caracterizam estes solos são, de uma maneira geral,

favoráveis para o uso agrícola e podem, a princípio, conferir aos Latossolos certa resistência à erosão.

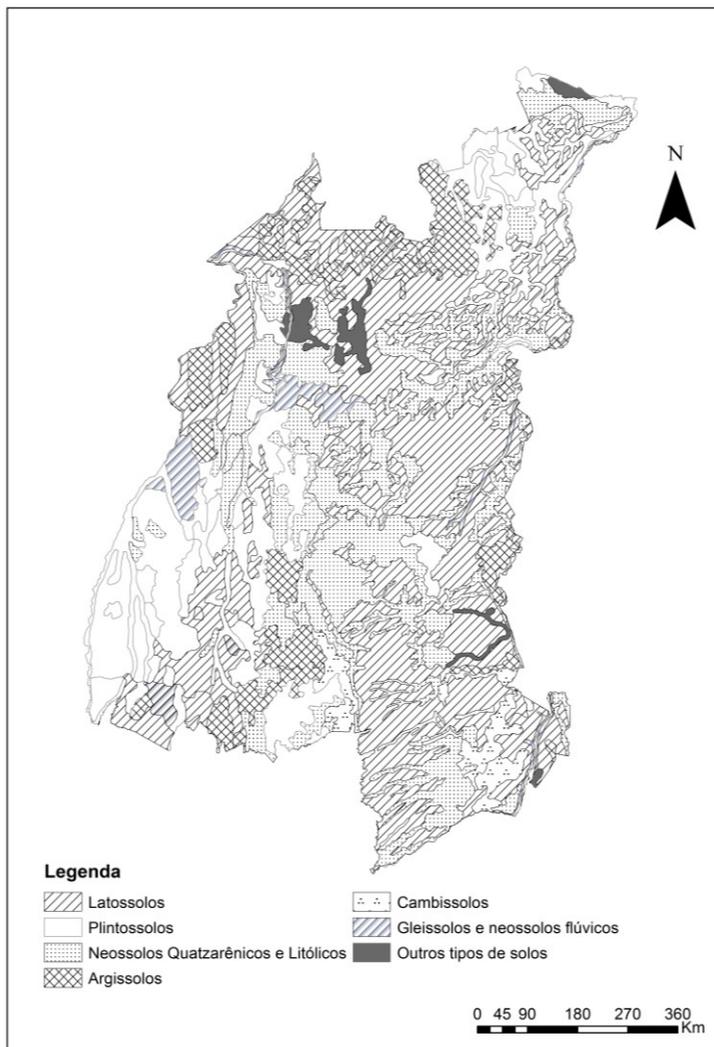


Figura 4. Mapa Pedológico do MATOPIBA (Embrapa 2006, modificado).

Tabela 3. Principais unidades pedológicas e sua proporção na área de estudo

Unidades pedológicas	%
Latossolos	37,1
Neossolos quatzarênicos e litólicos	20,8
Plintossolos	18,0
Argissolos	13,5
Cambissolos	2,9
Gleissolos, neossolos flúvicos	6,1
Outros solos	1,6

Entretanto, com a intensificação do uso agrícola, as propriedades físicas do solo sofrem alterações, geralmente desfavoráveis ao crescimento vegetal (Spera *et al.*, 2004). Desta maneira, o manejo inadequado dos Latossolos - como excesso de compactação das camadas de cobertura - podem ocasionar redução da infiltração da água no solo e aumentar o escoamento superficial possibilitando o crescimento substancial da erosão linear e acelerada.

Em termos espaciais ocupam uma enorme faixa que vai do centro da área a até a porção sul - correspondendo ao oeste da Bahia - estando bem relacionados com o domínio das bacias sedimentares.

Os *Neossolos* correspondem a segunda maior classe de solos encontrada no MATOPIBA dividindo-se em *Neossolos Quatzarênicos* (10,8%) e *Neossolos Litólicos* (10,0%). As características mineralógicas dos Neossolos Quatzarênicos são normalmente bem semelhantes às da rocha original e possuem alto conteúdo de areia e baixo teor de argila (inferior a 15%). Em face deste alto conteúdo de areia, os Neossolos Quatzarênicos são predominantemente originados de seqüência de rochas sedimentares

como arenitos ou arenitos quartzosos os quais são provenientes das condições de sedimentação fluvio-deltáicas ou semi-desérticas que foram discutidas anteriormente. No aspecto pedológico, estes solos são muito permeáveis, mal estruturados e pobres em nutrientes sendo formado essencialmente por areias quartzosas o que resulta em uma baixa fertilidade natural. Além disto, são solos relativamente profundos e, devido ao alto conteúdo de areia e pouca presença de argila, dificulta a retenção da água. Ocorrem totalmente no contexto das rochas sedimentares em uma extensa faixa de norte a sul no centro da área. A sua presença, perto dos relevos de morros e serras associados com as rochas metamórficas sugere que os Neossolos quartzarênicos representam a evolução pedológica de rochas sedimentares formadas perto da área fonte (rochas ígneas e metamórficas que geraram material para as rochas sedimentares). A grande quantidade de areia, portanto, está relacionada tanto a deposição perto da fonte de minerais com granulometria mais grosseira, como o quartzo mas também as condições de clima semi-desértico que favorece o predomínio de frações grosseiras em detrimento de frações mais finas devido ao predomínio do intemperismo físico. No caso dos Neossolos Litólicos estes são solos rasos, pouco evoluídos, normalmente associados a terrenos íngremes com a presença de blocos ou fragmentos de rochas o que os inviabiliza para atividades agrícolas ocupando uma faixa de direção nordeste - sudeste passando pelo centro da área. Ao contrário dos Neossolos Quartzarênicos, formados em ambiente de rochas sedimentares, os Neossolos Litólicos podem estar associados a diversos tipos de rochas ainda que possam ser mais expressivos em rochas ígneas e metamórficas que, via de regra, se associam a relevos mais íngremes criando dificuldades para os solos evoluírem.

Em terceiro lugar em área de extensão estão os *Plintossolos*, ocupando em torno de 18% da área. Estes solos se caracterizam por serem ácidos e de baixa fertilidade natural e também caracterizados pela segregação localizada de ferro, que atua como agente de cimentação (LUMBRERAS *et al.*, 2015). Sua composição mineral é formada argila, quartzo, baixo teor de matéria orgânica e alto teor de ferro e alumínio.

Os *Argissolos* ocupam em torno de 14% da área sendo caracterizados por solos com B-textural heterogêneo (ao contrário dos Latossolos cujo perfil de solo é mais homogêneo) com concentração de argila em alguns níveis do horizonte-B. Os Argissolos tendem a ocorrer em relevos suaves mas também podem ocorrer em relevos mais íngremes; neste sentido podem estar tanto associados as rochas sedimentares (associados a relevos mais suaves) quanto as rochas ígneas e metamórficas (associados a relevos mais íngremes). Isto é o que ocorre na área do MATOPIBA onde os Argissolos se distribuem em diferentes tipos de rochas e de relevos ocupando vários setores da área de estudo. Os *Cambissolos* representam apenas 2,9% da área sendo representados por solos pouco espessos com horizonte B incipiente (inferiores a 2,0 m). Estão associados as rochas ígneas e metamórficas e a relevos mais íngreme que dificultam que os solos se tornem mais profundos. Isto é bem caracterizado na área do MATOPIBA onde os cambissolos se situam principalmente em pequenas faixas na parte relacionada as rochas cristalinas. Os *Gleissolos* e *Neossolos Flúvicos* representam os solos mais recentes (período Quaternário); Os Gleissolos são hidromórficos associados a zonas saturadas de água e de cor característica (tonalidades de cinza) devido a presença de matéria orgânica enquanto os Neossolos Flúvicos são solos formados por sobreposição de camadas de sedimentos aluviais tendo diferentes colorações devido a variação do material de origem e o baixo desenvolvimento pedogenético.

Finalmente tem um conjunto de solos (Nitossolos, Vertissolos e Planossolos) que ocupam área insignificante (menos de um por cento) e não tem importância para a avaliação espacial dos processos erosivos na região.

Uso da Terra

A região que hoje corresponde ao MATOPIBA foi tradicionalmente dedicada ao uso da pastagem extensiva. Nos últimos anos tem passado por uma grande transformação com o desenvolvimento sem precedentes da atividade agrícola que tem sido baseada em técnicas mecanizadas por agricultores em parte vindos de outras regiões do país (principalmente dos estados do sul) e com grande uso de insumos (BATISTELA & MORAN, 2008; BRAGANÇA, 2016).

Levantamentos sobre a dinâmica do uso da terra na região têm sido realizados pela Embrapa desde a década de 90 no sentido de acompanhar as mudanças agrícolas em diferentes micro-regiões do MATOPIBA que tem distintas características físicas e sócio-econômicas. Nos primeiros levantamentos realizados com o auxílio de imagens LANDSAT se costumava considerar seis classes: lavouras permanentes, lavouras temporárias, pastagem naturais, pastagens plantadas, matas naturais e matas plantadas (GARAGORRY *et al.*, 2015). Desde então, os levantamentos tem utilizados diferentes sensores como o MODIS (LORESINI *et al.*, 2015; MELO *et al.*, 2015) o qual possui resolução variando de 250 a 1000 metros . Entretanto, tem sido o uso dos diferentes sensores Landsat (MSS, TM e ETM⁺) que os principais levantamentos relacionados ao uso da terra foram realizados, pois apresentam significativo período de dados (mais de trinta anos) e melhor resolução (30 m) permitindo avaliar, com mais precisão e por um período mais longo de tempo, o avanço da expansão agrícola particularmente a produção de grãos.

Para esta pesquisa, a avaliação da dinâmica do uso da terra foi realizada a partir dos mapas produzidos pela Embrapa para os anos de 2000 e 2012, portanto considerando um período de 12 anos. As classes de uso da terra foram reclassificadas com o objetivo de avaliar a expansão agrícola sobre as áreas de vegetação natural e pastagem natural e suas conseqüências sobre os processos erosivos. Neste sentido foram considerados três classes fundamentais: *vegetação*, *área agrícola* e *pastagem plantada*. Os demais usos, por terem pouca expressão espacial, foram agrupadas na mesma classe. No que se refere a vegetação, esta classe inclui, além dos diferentes fragmentos florestais, a classe de pastagem natural que se constitui um bioma natural no ecossistema Cerrado. Os mapas das Figuras 5a e 5b representam os mapas de uso da terra de 2000 e 2012 respectivamente.

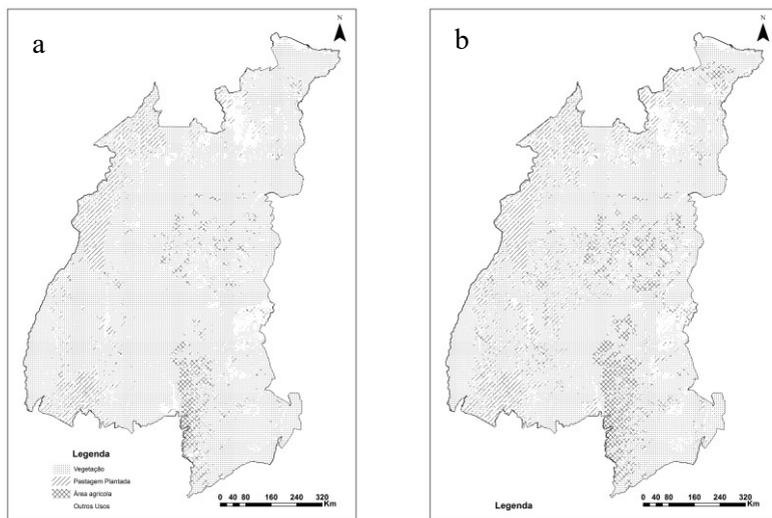


Figura 5. Mapa de Uso da Terra do MATOPIBA de, (a) 2000 e (b), 2012 (IBGE, 2015a; 2015b, modificado).

Apesar da avaliação ter considerado um período de tempo relativamente pequeno (12 anos), pode-se observar uma significativa mudança no uso da terra na área do MATOPIBA corroborando com observações que indicam uma significativa mudança no uso da terra no MATOPIBA (por exemplo., BRAGANÇA, 2016). A Tabela 4 mostra os principais usos e a evolução da área para os três principais usos considerados.

No tocante a vegetação e os biomas naturais (como a pastagem natural) a comparação entre os dois levantamentos no período considerado aponta para uma redução de quase 10% na área reduzindo de 82,7 para 73,0% a área ocupada por vegetação natural.

Tabela 2. Principais classes de uso da terra e sua variação no período de 2000 a 2012

Classe de Uso da Terra	¹ Área (Km ²)	2000 (%)	² Área	2012 (%)	Variação (%)
Vegetação	611.907,2	82,7	534.804,1	73,0	-9,7
Pastagem Plantada	46.087,0	6	80.894,1	11,0	+75,2
Area agrícola	30.114,9	4,0	60.763,0	8,0%	+100,0
Outros usos	51.317,2	-	55.038,2	-	-

¹Área no ano 2000; ²Área no ano 2012

No caso da pastagem plantada, houve um crescimento em torno de 75% passando de 6%, em 2000, para 11,% da superfície total em 2012. enquanto a pastagem plantada cresceu no período cerca de 75%. Entretanto o crescimento mais significativo foi com as áreas agrícolas que tiveram um crescimento em torno de 100%; em 2000, as áreas agrícolas ocupavam cerca de 4% da área do MATOPIBA e passaram a ocupar em torno de 8%, doze anos depois. Ainda que possam ter incertezas - inerentes aos levantamentos utilizando imagens - os resultados não deixam margem de dúvida quanto ao acelerado avanço da agricultura na região do MATOPIBA.

Análise dos Processos Erosivos

Conforme mencionado anteriormente, o processo de erosão envolve diferentes fatores relacionados ao meio físico (sistema rocha - solo - relevo), ao clima, ao uso da terra e as práticas de manejo agrícola utilizadas. Pela equação de perdas de solo todos estes fatores estão previstos, considerados de forma linear e com a mesma importância. Entretanto, a intensidade e importância dos fatores envolvidos depende das características naturais de cada região e como o Homem se apropria deste espaço.

No caso do MATOPIBA existem características específicas que fazem de parte desta região uma das mais críticas aos processos erosivos do país (PEREIRA *et al.*, 1993). No estudo aqui realizado se observa que a compreensão de como ocorreu a história geológica é fundamental para se entender a gênese, o desenvolvimento e as características dos solos presentes. A sedimentação desenvolvida em ambientes flúvio-deltáicos e semi-desérticos, propiciou a deposição de extensas camadas muitas delas com elevado teor de areia seja pelas condições presentes na época de climas relativamente áridos seja pela dinâmica de deposição formada por uma associação entre rios e deltas.

Conforme discutido anteriormente, a textura arenosa (de fina a média) favorece o “splash” e deslocamento das partículas criando condições favoráveis para a deflagração de processos erosivos sejam eles de forma laminar ou linear (como ravinas e boçorocas).

Um aspecto peculiar na região quando se observa as diferentes unidades pedogenéticas é a presença de Neossolos Quartzarênicos que chegam a ocupar um pouco mais de 10% da área. No MATOPIBA, as áreas agrícolas, em 2010, ocupavam na unidade Neossolo Quartzarênico 11.693,7

km²; em 2012, esta área chegou a 30.221,5 km² portanto tendo um crescimento de cerca de 160%. Devido ao elevado teor de areia, que pode ultrapassar 70%, estes solos são facilmente desagregáveis sendo muito suscetíveis aos processos erosivos. Então é um fator preocupante quando estes solos são utilizados para atividades agrícolas pois facilmente podem ser desagregados, removendo o pouco de matéria orgânica que possuem e expondo camadas ainda mais ricas em frações arenosas.

Na região mais a sul do MATOPIBA são mencionados, na literatura, casos de depauperamento total de lavouras devido à pouca retenção de água em neossolos quartarênicos. Em estudo realizado no município de Taguá, oeste da Bahia, (MATOS e SILVEIRA, 2013) apontam para um processo de arenização em curso capaz de inviabilizar ou inutilizar a produção de qualquer tipo de cultura. Este processo ocorre, geralmente, em neossolos quartarênicos com conteúdo de areia que pode ultrapassar 80% e com conteúdo de argila em torno de 15%. Ainda segundo Matos e Silveira (2013), este possível processo de arenização é mais proveniente de causas naturais do que antrópicas. Indo nesta direção, REIS et al. (2009) consideram que mesmo em condições sub-úmidas e na presença de condições mais favoráveis do meio físico, a super-utilização dos recursos naturais no oeste baiano está passível de desenvolver processos que desencadeiam a desertificação.

Normalmente se considera que o aumento da inclinação dos relevos favorece os processos erosivos. Porém, na presença de neossolos quartarênicos, mesmo os relevos com pequena inclinação nas vertentes podem ter elevado potencial erosivo, pois a grande erodibilidade de alguns dos solos controla os processos de deslocamento e perda de partículas. Situação semelhante tem sido descrita para as unidades sedimentares da região oeste do estado de São Paulo onde o desenvolvimento de feições

lineares - como voçorocas - é fortemente controlado pela erodibilidade do solo (SIMÕES, 2001).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSINE, M. L.; PIRANHA, J. M.; CARNEIRO, C. R. Os paleodesertos Pirambóia e Botucatu. In: MANTESSO-NETO, V., et al. **Geologia do continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo: Breca Prod. Cult. Ltda, p. 77-92. 2004.

BATISTELLA, M.; MORAN, E. F. **Geoinformação e Monitoramento Ambiental na América Latina**. São Paulo: SENAC, p. 163-195. 2011.

BRAGANÇA, A. The causes and consequences of agricultural expansion in MATOPIBA. Climate Policy Initiative, Working Paper. 2016. 26p.

CAETANO, J.O.; BENITES, V. DE M.; SILVA, G.P.; SILVA, I.R.; ASSIS, R.L.; CARGNELUTTI, FILHO, A. Dinâmica da matéria orgânica de um neossolo quartzarênico de cerrado convertido para cultivoem sucessão de soja e milho. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 37:1245-1255. 2013.

CPRM. Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas & SIG / organizadores, Luiz Augusto Bizzi, Carlos Schobbenhaus, Roberta Mary Vidotti, João Henrique Gonçalves - Brasília : CPRM - Serviço Geológico do Brasil. 692p. ISBN 85- 230-0790-3. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=790&sid=9>. 2003.

CPRM Mapa Geodiversidade do Brasil. Escala 1:2.500.000. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=623&sid=9>. 2006.

EMBRAPA. **O novo mapa de solos do Brasil**. Legenda atualizada. Escala 1 : 5000000. EMBRAPA. Rio de Janeiro. 2011.

GARAGORY, F.L.; MIRANDA, E.E.; MAGALHÃES, L.A. MATOPIBA: Evolução recente da produção de grãos. Campinas, EMBRAPA, Nota Técnica nº 9. 2015. p.69.

GOEDERT, W. Estratégias de manejo das savanas. In: SARMIENTO, G. Las sabanas americanas: aspectos de su biogeografía, ecología y utilización. **Acta Científica Venezolana**, p. 191-218. 1990.

GOES, A.M. de O. & FEIJÓ, F.J. 1994. Bacia do Parnaíba. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, 8:57-67.

GUERRA, A.T. & JORGE. Degradação dos solos no Brasil. Rio de Janeiro, Bertrand-Brasil. 2014.

HIGGITT, D. Soil erosion and soil problem. **Progress in Physical Geography**, 17 (4): 461-474.

HORNBECK, R. The Enduring Impact of the American Dust Bowl: Shortand Long-Run Adjustments to Environmental Catastrophe. **American Economic Review** 102 (4):1477-1507. 2012.

IBGE. **Mapa de uso e cobertura da terra do Brasil 2000**. IBGE. [S.l.]. 2015a.

IBGE. **Mapa de uso e cobertura da terra do Brasil 2012**. IBGE. [S.l.]. 2015b.

INDA, H. A.; SCHORSCHER, H.; DARDENNE, M.A.; SCHOBENHAUS, C.; HARALY, N.E.; BRANCO, P.C.; RAMALHO, R. O cráton São Francisco e a faixa de dobramento Araçuaí. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.; DERZE, G.R.; ASMUS, H.E. **Geologia do Brasil**. Brasília: [s.n.], 1984.

JACOMINE, P. K. T. **Levantamento exploratório - reconhecimento de solos da margem esquerda do rio São Francisco, estado da Bahia**. Recife: EMBRAPA, Serviço Nacional de Levantamento de Solos, 1976.

LORENSINI, C.L.; VICTORIA, D. C.; VICENTE, L.E.; MAÇORANO, R.P. Mapeamento e identificação da época de desmatamento das áreas de expansão da agricultura do MATOPIBA. Anais do **XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, João Pessoa, abril, 2015.

LUMBRERAS, J.F.; CARVALHO FILHO, A.; MOTTA, P.E.F.; BARROS, A.H.C.; AGLIO, M.L.D.; DART, R.O. Potencialidades e limitações ao uso agrícola de solo no MATOPIBA. **XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, Natal. 2015.

MACAMBIRA, T.M.; CORREA, J.A.M. Mineralogia dos pelitos albianos porção oeste da Bacia do Barreirinhas, MA. **4º PDPETRO**, Campinas. Outubro, 2007.

MATOS, A. G.; SILVEIRA, G. S. Estudo dos processos de arenização de uma área de Neossolo Quartzarênico Órtico Típico em Taguá, Distrito de Cotegipe, Bahia. **Encontro de Geógrafo da América Latina**. Lima, 2013.

MELFI, A. J.; CERRI, C.C.; FRITSCH, E.; FORMOSO, M.L.L. Tropical Soils: Genesis, distribution and degradation of lateritic pedological systems. In: FORMOSO, M.; CERRI, C. *Workshop on Tropical Soils*. [S.l.]: Academia Brasileira de Ciências, p. 7-30. 1999.

MELO, M.R.S.; ROCHA, J.V.; MANABE, V.D.; CERVI, W.R.; LAMPARELLI, R.A.C. Expansão do cultivo da soja no Cerrado por meio de séries temporais de dados MODIS. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE. P. 5678-5685.

MIRANDA, E., MAGALHÃES, L.; CARVALHO, C. A. **Proposta de Delimitação Territorial do MATOPIBA**. Nota Técnica nº1, Campinas, Embrapa. 2014.

PEREIRA, V.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. **Solos altamente susceptíveis à erosão**. Jaboticabal. UNESP, 1994.

PETRI, S.; FÚLFARO, J. V. **Geologia do Brasil**. São Paulo: EdUSP, 1983.

RADA, N. Assessing Brazil's Cerrado agricultural miracle. **Food Policy**, v. 38, p. 146-155, 2013.

REIS, S. L. S.; VALE, R. M. C.; LOBÃOJ.; VERSTATEN, J. S. B. Identificação de áreas degradadas no Oeste da Bahia através de técnicas de geoprocessamento. 12º Encontro de Geógrafos da América Latina. Montevideo: [s.n.]. 2009.

SANO, E. E.; SANTOS, C.C.M.; SILVA, E.M.; CHAVES, J.M. Fronteira agrícola do Oeste Baiano: considerações sobre os aspectos temporais e ambientais. **Geociências**, São Paulo, 2011.

SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.; DERZE, G.R.; ASMUS, H.E. **Geologia do Brasil: Texto explicativo mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente incluindo depósitos minerais**, Escala 1 : 2500000. Brasília, Departamento Nacional da Produção Mineral. 1984.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM). Mapa de relevo. **Projeto Geodiversidade do Brasil** (escala 1:1.000.000. 2006.

SIMÕES, S.J.C. Accelerated erosional processes in contrasting landscape- Campinas, Brazil. **Ciência & Cultura**, 53 (1): 39-43. 2001.

SPERA, S.T.; SANTOS, H.P.; FONTANELLI, R.S.; TOMM, G.O. Efeitos de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto nos atributos físicos de solo e na produtividade. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 28: 533-542.

SOUTO, J.J. -A experiência na região de Alegrete no Rio Grande do Sul. In: PEREIRA, V.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. **Solos altamente susceptíveis à erosão**. Jaboticabal. UNESP, p. 169-73. 1993.

SUGUIO, K. & BIGARELLA, J.J. Ambientes fluviais. Florianópolis, Editora da UFSC. 1990.

TOY, T. J. Accelerated erosion: process, problems, and prognosis. **Geology**, v. 10, p. 524-529, 1982.

VANWEY, L. K, SPERA, S.; SA, R. DAN MAHR, AND JOHN F MUSTARD. Socioeconomic Development and Agricultural Intensification in Mato Grosso. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, 368 (1619):1-7. 2013.

VEIGA, T. A **geodiversidade do Cerrado, 2002**. Disponível em: <<http://www.pequi.org.br/geologia.html>>. Acesso em: 30 Nov 2015.

VILAR, O. M.; PRANDI, E. C. Erosão dos solos. In: CINTRA, J. C. A.; ALBIERO, J. H. **Solos do interior de São Paulo**. São Carlos: [s.n.], p. 177-206. 1993.

WISCHMEIER , W. H.; MANNERING , J. V. Relation of soil properties to its erodibility. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, v. 33, p. 131-137, 1969.

YONG, R. A. Characteristics of eroded sediment. **Trans ASAE**, v. 23, p. 1139-1142, 1980.

POSFÁCIO

Procurando responder a pergunta central apresentada no prefácio deste livro, foram abordados problemas ambientais que abrangem diferentes regiões, biomas e regimes climáticos do Brasil e que trazem novos conhecimentos na temática de Ciências Ambientais.

No capítulo 1, os temas sobre áreas verdes, reflorestamento, biodiversidade, conservação e educação ambiental, bem como a parte de ocupação humana e regras da legislação atual (APP, TAC), foram abordados para um estudo de caso do parque natural no Município de Pimenta Bueno, no estado de Rondônia na Amazônia, com ações desenvolvidas durante o ano de 2011.

Como uma contribuição ao conhecimento da sustentabilidade no âmbito agrônomo, a higienização de lodo de esgoto orgânico foi estudada no capítulo 2. Por meio de processos de secagem utilizando-se de estufas plásticas, foi apresentado um estudo experimental realizado no Vale do Rio Paraíba do Sul. Estes resultados sugerem que o uso de simples procedimentos tecnológico é suficiente para eliminar organismos patogênicos, tornando viável a utilização desse rejeito para agricultura.

A Pegada Hídrica na região do Vale do Rio Paraíba do Sul foi analisada no capítulo 3, estudando-se o ciclo da água, seu balanço hídrico atual e os cenários climáticos futuros, utilizando-se de simulações climáticas do IPCC, para diferentes usos do solo, como áreas de pecuária, reflorestamento silvicultural por *Eucalyptus* entre outros. Investigou-se o papel da água, como um bem comum, quiçá o Ouro do Século XXI, e discutiu-se sua importância em segurança hídrica, *commodity* tão importante nos tempos atuais.

Finalizando, o capítulo 4 abordou, do ponto de vista geológico, os processos de desmatamento do bioma cerrado e suas conseqüentes erosão e arenização em uma nova área de expansão da fronteira agrícola do Brasil (MATOPIBA) no NE do Brasil, preocupando-se com as características dos solos tropicais. Discutiu-se também a resiliência da região e sua fragilidade ambiental para estas alterações.

Uma visão geral da presente obra permite perceber que a problemática da sustentabilidade ambiental é apresentada aos leitores em diversos contextos e enfoques de modelagem, experimentação e dados observacionais. Esperamos que tenha sido uma boa leitura e que estes novos resultados científicos possam ajudar na exploração racional da natureza, preservando a biodiversidade e o bem-estar humano.

Prof. Dr. Gilberto Fisch

Profa. Dra. Simey Thury Vieira Fisch

ÍNDICE REMISSIVO

A

Amazônia
Ambiente natural
Agricultura
Áreas verdes

B

Bacia hidrográfica
Balanço hídrico
Biodiversidade
Bioma

C

Cobertura vegetal
Coliformes termotolerantes
Conservação
Cerrado

D

Depressão
Disponibilidade hídrica
Diversidade biológica
Drenagem

E

Educação ambiental
Emissão de gases
Escoamento superficial
Espécies nativas
Erosão
Eucalipto

F

Fauna
Fiscalização
Flora
Florestas
Fronteira agrícola

I

Impacto
Infiltração de água
Intemperismo

L

Legislação ambiental
Lodo de esgoto

O

Organismos patogênos

P

Parque urbano
Pastagem
Pegada hídrica
Preservação
Poluição
Processos erosivos

Q

Qualidade ambiental

R

Radiação solar
Recursos ambientais
Recursos hídricos
Reflorestamento
Relevo

S

Sedimentação
Solo
Sustentabilidade

T

Teor de sólidos

Orientações para elaboração do capítulo

Caros autores,

Os textos escritos deverão ter entre 5.000 e 6.500 palavras (página inteira com texto, sem tabela ou figura). Pode-se usar o recurso de estatística do Word para contar o número de palavras no texto.

Esse número de palavras diz respeito ao texto propriamente dito, não considerando referências ou indicações bibliográficas, tabelas e figuras. Para isso reserva-se cerca de mais três páginas por autor. Para uma uniformização dos textos e redução de dificuldades na edição final, sugere-se as seguintes “boas práticas”:

1. Limitar os textos a 6500 palavras;
2. Limitar o texto a 30 e/ou 40 paginas;
3. Não usar notas de rodapé (se absolutamente necessário, usar as notas no final do texto);
4. Limitar o número de figuras (quadros e tabelas são menos problemáticos). Se as figuras forem indispensáveis, **lembrar que o livro será em preto e branco**. Assim, atenção para gráficos ou figuras coloridos. Usem tons de cinza.
5. Usar o padrão (autor, data) ou (autor, data, página) para as referências;
6. Colocar as referências no final do texto (e não em nota de rodapé).

Além disso, a configuração do texto deverá ser:

1. Folha tamanho A4;
2. Margens:
 - a. Superior: 3 cm
 - b. Inferior: 2 cm
 - c. Esquerda: 3 cm
 - d. Direita: 2 cm;
3. Letra: Times New Roman; Fonte 12;
4. Espacejamento: entre linhas de 1,5;
5. Marcação de novo parágrafo por indentação (uso de tabulação: 1,5 cm);
6. Normas ABNT 10520 para citações e ABNT 6023 para composição das referências.
7. Importante lembra-los que os textos poderão ser escritos em co-autoria, inclusive do Orientador.

Finalmente, uma pequena nota biográfica dos autores deverá ser preparada.

Para que o livro seja editado a tempo é imprescindível que os prazos sejam cumpridos:

Para a edição no primeiro semestre os textos deverão ser entregues até o dia 30 de abril e para a edição no segundo semestre os textos deverão ser entregues até o dia 30 de setembro.

Sobre os autores

Nara Lúcia Perondi Fortes, graduada em Biologia pela Universidade de Passo Fundo (UPF), Mestre em Microbiologia Agrícola e do Ambiente pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Doutora em Agronomia pela Universidade Estadual de São Paulo (UNESP), Professora de graduação do curso de Agronomia da Universidade de Taubaté (UNITAU) e Professora do Programa de Pós-graduação Profissional em Ciências Ambientais da Universidade de Taubaté (UNITAU).

Paulo Fortes Neto, graduado em Agronomia pela Universidade de Taubaté (UNITAU), Mestre em Microbiologia Agrícola e do Ambiente pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Doutor em Agronomia pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Universidade de São Paulo (USP), Professor de graduação do curso de Agronomia da Universidade de Taubaté (UNITAU), Professor dos Programas de Pós-graduação Profissional e Acadêmico em Ciências Ambientais da Universidade de Taubaté (UNITAU) e Coordenador adjunto do Programa Profissional em Ciências Ambientais (UNITAU).



2019 | ANO INTERNACIONAL DAS
Linguas Indigenas



ed**UNITAU**
EDITORA DA UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ



UNITAU
Universidade de Taubaté

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-9561-114-6



9 788595 611146