



Vol. I

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



Taubaté/SP

2016

Expediente

Administração Superior

| Reitor: Prof. Dr. José Rui Camargo
| Vice-reitor: Prof. Dr. Isnard de Albuquerque Câmara Neto
| Pró-reitor de Extensão: Prof. Dr. Mario Celso Peloggia

edUNITAU

| Diretor-Presidente: Prof. Dr. José Rui Camargo

Conselho Editorial

| Presidente: Prof. Dr. Mario Celso Peloggia
| Diretora Editorial: Profa. Dra. Vera Lúcia Batalha de Siqueira Renda
| Diretora Adjunta: Profa. Dra. Eveline Mattos Tápias Oliveira
| Coordenadora Editorial: Profa. Ma. Ana Beatriz Rodrigues Pelógia

Revisão

| Prfa. Ma. Adriana Milharezi Abud - GELP - UNITAU

Projeto Gráfico

| ACOM - NDG
| Diagramação: Felipe Figueiredo
| Capa: Karina R. Dias

| Impressão: Gráfica Pigma
| Tiragem: 50 Exemplares

Colaboração

| Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBi UNITAU
| Coordenação: Márcia Maria de Moura Ribeiro
| Ana Beatriz Ramos

Ficha catalográfica elaborada pelo SIBi - Sistema Integrado de Bibliotecas / UNITAU

F738c Fortes, Nara Lucia Perondi(org.).
Ciências ambientais / Nara Lucia Perondi Fortes(org.);
Paulo Fortes Neto(org.). - Taubaté Unitau, 2016.
180p. : il.

ISBN: 978-85-66128-79-6

1. Ciências Ambientais. 2. Impacto ambiental.
I. Paulo Fortes Neto(org.). I. Título.

CDD – 363.7

Índice para Catálogo Sistemático

1. Ciências Ambientais 363.7
2. Impacto ambiental 363.714

Copyright © by Editora da UNITAU, 2016

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

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

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

SUMÁRIO

página

Prefácio	7
-----------------------	----------

Capítulo 1

Biodegradabilidade do Bioplástico Utilizado como Cobertura na Cultura da Alface (*Lactuca sativa*)

Gustavo Tadeu Alvarenga Marques de Souza, Paulo Fortes Neto, Nara Lúcia Perondi Fortes Elizabeth da Costa Neves Fernandes de Almeida Duarte, Raquel Alexandra Cardoso Costa e Artur Figueiredo Saraiva.....9

Capítulo 2

Subsídios para Implantação do Plano de Gerenciamento dos Resíduos dos Serviços de Saúde das Unidades Básicas de Saúde do Município de Augustinópolis - TO

Jesuane Cavalcante Melo de Moraes e Ana Julia Urias dos Santos Araújo.....28

Capítulo 3

As Mudanças no Cotidiano das Populações Atingidas pela Construção da Usina Hidrelétrica de Estreito-ma

Nelita Neves Bandeira e Flávio José Nery Conde Malta.....48

Capítulo 4

Fitoextração de Chumbo pelo Amendoim Forrageiro (*arachis pintoi*, krapov. & greg.) em Duas Classes de Solos

Josy Karla de Oliveira Santos e Ana Aparecida da Silva Almeida.....65

Capítulo 5

Determinação de Carbono Total em Plantações de Eucalipto e Pastagens

Hélio Rodrigues Bassanelli, Getúlio Teixeira Batista e Macelo dos Santos Targa.....86

Capítulo 6

Sequestro de Carbono Florestal nas Áreas de Reserva Legal em Propriedades Rurais

Eliseu Ribeiro de Sousa e Júnior Alexandre Moreira Pinto.....103

Capítulo 7

Análise Comparativa de Doenças Respiratórias Relacionadas aos Períodos de Estiagem e Chuvoso no Estado do Tocantins: o Papel das Queimadas

Maikon Chaves de Oliveira e Luiz Fernando Costa Nascimento.....121

Capítulo 8

Rizobactérias e Coliformes Termotolerantes no Solo de Culturas Agrícolas Fertilizadas com Efluente Tratado de Esgoto

Roberto José dos Santos, Paulo Fortes Neto, Nara Lúcia Perondi Fortes, Mariko Ueno, Fabiana Brambatti e Eliana Maria Araújo Mariano Silva.....150

Capítulo 9

Proposta Metodológica para Auxiliar na Aula de Campo com Temas Ambientais para o Aluno do Ensino Fundamental II

Joceli Mota Correa da Rocha, Simey Thury Vieira Fisch.....165

PREFÁCIO

É com grande satisfação que apresentamos o livro seriado "CIÊNCIAS AMBIENTAIS", que apresenta, em seus capítulos, os temas e conteúdos contemplados pelos alunos da pós-graduação em suas dissertações para a obtenção do título de mestre nos Programas de Ciências Ambientais – Profissional e Acadêmico – da Universidade de Taubaté.

O objetivo do livro "CIÊNCIAS AMBIENTAIS" é reunir, em uma única publicação, diversos textos cuja abrangência inclua tanto resultados experimentais quanto revisão de assuntos relacionados às questões ambientais e suas interfaces com o social e econômico.

A publicação terá periodicidade semestral, com sistema extremamente rigoroso quanto à pontualidade de publicação, sendo, os textos para as novas edições, selecionados pelos editores e pelo Comitê Editorial.

Este primeiro volume apresenta a característica da interdisciplinaridade conteudística, com os capítulos abordando temas como biodegração de bioplástico no solo, gestão de resíduos dos serviços de saúde, populações atingidas pelas construções de hidrelétricas, fitoextração de metais pesados no solo, fixação de carbono em floresta de eucalipto e pastagens, seqüestro de carbono em área de reserva legal, doenças respiratórias devido a queimadas, fertilização com efluentes sanitários tratados em áreas agrícolas e proposta metodológica para aula de campo com temáticas ambientais.

Temos a certeza de que o livro atenderá às expectativas de pesquisadores, de professores, de estudantes de graduação e pós-graduação e de outros profissionais que atuam na área das ciências ambientais e que necessitam de conhecimentos aprofundados e específicos sobre a temática ambiental.

Taubaté, 23 de agosto de 2016

Profa. Dra Nara Lucia Perondi Fortes

Prof. Dr. Paulo Fortes Neto

Biodegradabilidade do Bioplástico Utilizado como Cobertura na Cultura da Alface (*Lactuca sativa*)

Gustavo Tadeu Alvarenga Marques de Souza⁽¹⁾

Paulo Fortes Neto⁽¹⁾

Nara Lúcia Perondi Fortes⁽¹⁾

Elizabeth da Costa Neves Fernandes de Almeida Duarte⁽²⁾

Raquel Alexandra Cardoso Costa⁽²⁾

Artur Figueiredo Saraiva⁽²⁾

INTRODUÇÃO

A técnica da cobertura do solo (*mulching*) com polietileno (PE) está perfeitamente implementada no mundo inteiro para diversas culturas agrícolas e com benefícios comprovados, tais como aumento de produção e qualidade dos frutos, melhores condições de solo para o desenvolvimento das raízes e controle de plantas infestantes. No entanto, as quantidades de resíduos gerados no final do ciclo produtivo e a dificuldade de enviar estes resíduos para um destino adequado tornam premente o desenvolvimento de uma solução alternativa ao uso de polietileno.

A contaminação ambiental causada pela queima ou incorporação da cobertura de polietileno no solo, tem levado a comunidade científica a procurar estratégias para minimizar estes problemas ambientais e entre elas está a utilização de bioplásticos como cobertura de solo, pois o bioplástico por ter em sua composição o amido, tem como vantagem a possibilidade de ser incorporado e biodegradado pelos microrganismos do solo em dióxido de carbono, sais minerais e biomassa microbiana.

Dessa forma, a cobertura do solo com bioplástico poderá ser uma alternativa para solucionar o problema do destino final do plástico de polietileno utilizado na cobertura de solo, pois estudos realizados pelo Projeto Europeu FP7 AGROBIOFILM constataram que o bioplástico apresentou a mesma produtividade e qualidade obtida com o plástico de polietileno e ainda teve como vantagem a possibilidade de ser incorporado e biodegradado pelos microrganismos do solo.

⁽¹⁾ 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

⁽²⁾ Universidade de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Tapada da Ajuda, 1349-017, Lisboa-Portugal. email: eduarte@isa.uliboa.pt

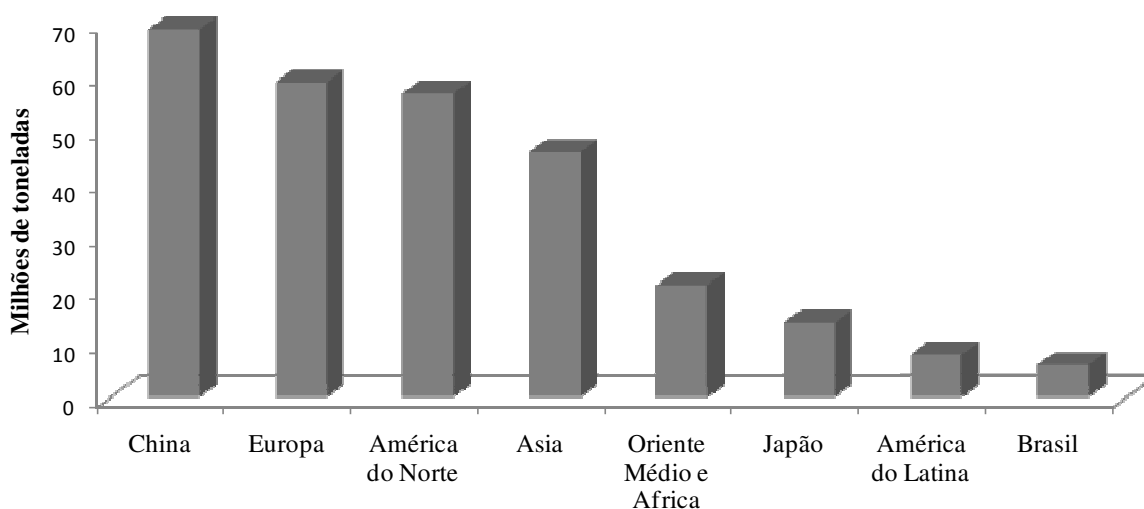
No Brasil são praticamente inexistentes os estudos realizados com bioplástico na cobertura de solo para avaliar o rendimento das culturas agrícolas e a biodegradabilidade do bioplástico no solo.

Sendo assim apresentaremos neste capítulo os resultados do rendimento da alface cultivado com cobertura de bioplástico e a biodegradabilidade do bioplástico e polietileno no solo.

DESENVOLVIMENTO

Produção de plástico no mundo

De acordo com a Plastic Europe (2013), a produção mundial de plástico está estimada em 288 milhões de toneladas por ano, sendo a China o país que mais produz representando cerca 23,9 % do total, seguido depois pela União Europeia (UE) com uma produção de 59 milhões de toneladas de plástico representando cerca de 20,4% do total da produção mundial (Figura 1).



América do Norte (EUA e Canadá), Ásia (sem China e Japão) e América Latina (sem Brasil)

Figura 1. Produção mundial de plástico em milhões de toneladas no ano de 2013.

O Brasil apresenta aumento na produção de plástico em termos mundiais, porém a participação ainda é pequena em relação à dimensão do país, contribuindo com 6 milhões de toneladas de plástico, o equivalente a 2,0% do volume produzido mundialmente, embora a tendência seja que este valor continue a aumentar (PLASTIC EUROPE, 2013). Segundo a

Associação Brasileira da Indústria do Plástico, o consumo per capita de plástico no país em 2013 foi de 33,9 kg habitante⁻¹, enquanto a média mundial é de 40 kg habitante⁻¹.

Produção de bioplástico no mundo

O crescimento dos bioplásticos é uma realidade motivada pela preocupação com o meio ambiente. A produção de bioplásticos no mundo em 2013 foi de cerca de 1,62 milhões de toneladas, representando uma pequena parcela na produção mundial se comparados com os 288 milhões de toneladas de plástico convencional produzidos no ano de 2013. Com o mercado em ascensão, a European Bioplastics (2014), estima que a capacidade de produção mundial de bioplásticos venha a atingir aproximadamente 6,7 milhões de toneladas em 2018.

Os bioplásticos são produzidos utilizando matérias-primas de fontes renováveis derivadas de biomassa, tais como milho, batata, cana de açúcar, madeira, entre outras, o que possibilita a extração do açúcar e do amido, uma vez que estes são necessários para transformação destes componentes em bioplásticos. Essas matérias-primas podem ser convertidas em produtos biodegradáveis ou não biodegradáveis, porém, os plásticos produzidos a partir de matérias primas de fontes fósseis não podem ser convertidos em produtos biodegradáveis (COMISSÃO EUROPÉIA, 2011).

Consumo de plástico na agricultura

O polímero plástico mais utilizado como cobertura de solo na agricultura é o polietileno de baixa densidade devido ao seu baixo custo, fácil manuseio, boas propriedades mecânicas e particularmente a elasticidade (ANZALONE GRACI et al., 2008). O polietileno é uma resina termoplástica obtida a partir do etileno polimerizado a altas pressões. É um material flexível, impermeável e inalterável à água, não apodrece e nem é atacado por microrganismos (VALENZUELA e GUTIÉRREZ, 1999).

O consumo mundial de plásticos na agricultura atinge 6,5 milhões de toneladas por ano, sendo que 10 % do consumo total são utilizados como plástico para cobertura do solo o que daria para recobrir uma área de cerca de 4,5 milhões de hectares (SCARASCIA-MUGNOZZA et al., 2006). Em 2004, 143 mil toneladas de plástico, utilizados como cobertura do solo nos EUA foram depositados em aterros sanitários ou queimados no local (SHOGREN e HOCHMUTH, 2004).

Na Europa em 2011 foram utilizados 545.000 toneladas de plástico (filmes) na agricultura e os maiores consumidores foram Itália (21%) e Espanha com 20% e os menores consumidores foram Polônia (3%) e Benelux (6%) (Figura 2). Desse montante de plástico

45% foram utilizados para silagem, 30% em estufas e 25% como cobertura de solo para a produção de hortículas e flores (CONSÓRCIO AGROBIOFILM, 2013).

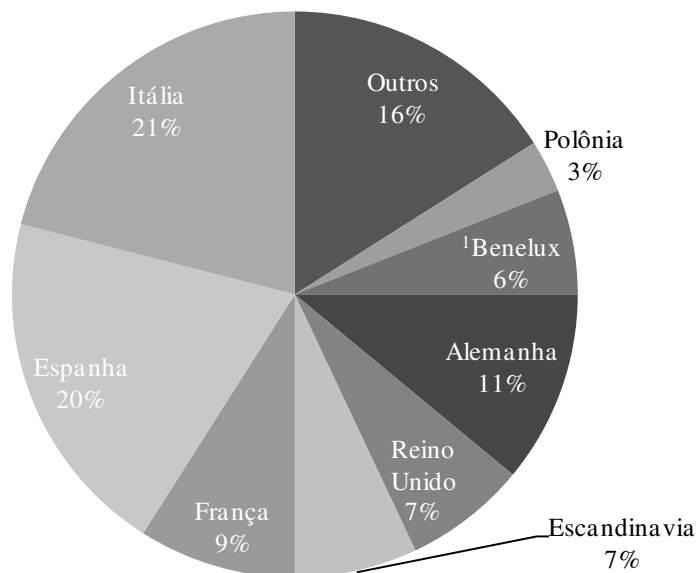


Figura 2. Mercado de plástico (filmes) agrícolas na Europa - adaptados de Applied Market Information (AMI, Bristol/UK; www.amiplastics.com). ¹Benelux (Bélgica, Países Baixos e Luxemburgo).

O plástico de polietileno também, é o mais utilizado para a produção de culturas agrícolas no EUA e em todo o mundo, porque ele controla as ervas daninhas, conserva a umidade do solo, eleva a temperatura do solo, aumenta a produtividade e a qualidade das culturas e tem um custo relativamente baixo (MILES et al., 2012).

No Brasil cerca de 13 mil hectares de filmes plásticos de polietileno são utilizados como cobertura do solo, procedimento que apresenta uma tendência de crescimento em torno de 13% ao ano (BLISKA, 2011). Estudos realizados pelo Comitê Brasileiro de Desenvolvimento e Aplicação de Plásticos na Agricultura (Cobapla) constataram que em 2012 foram consumidos cerca de 2.500 toneladas/ano de filmes plásticos de polietileno para cobertura do solo no cultivo de flores, frutas e hortaliças (COBAPLA, 2012).

Devido ao aumento no uso de plástico de polietileno na agricultura o meio técnico vem questionando sobre o seu destino final, pois na maioria das propriedades rurais o plástico é queimado com os restos culturais e/ou fragmentado e misturado com o solo, pois a reciclagem é geralmente limitada pela contaminação do plástico após o uso no campo, a falta de equipamentos especializados para retirar as impurezas, e a longa distância para a reciclagem (GARTHE e KOWAL, 1993).

Os plásticos degradáveis

Dentro da denominação de degradáveis, encontram-se os filmes oxo-degradáveis, os biodegradáveis e os compostáveis. Os primeiros podem sofrer degradação devida à exposição à radiação solar, sendo fotodegradáveis (KIJCHAVENGKUL et al., 2007), ou devida à exposição a elevadas temperaturas, sendo termodegradáveis (KYRIKOU et al., 2007). A oxidação por estas duas vias têm como consequência a fragmentação do material em pequenas partículas recalcitrantes para o ambiente (AGROBIOFILM, 2013).

Os segundos, sendo biodegradáveis, sofrem degradação pela ação dos microrganismos do solo em dióxido de carbono, água, sais minerais e biomassa quando as condições forem aeróbia e em dióxido de carbono, metano, sais minerais e biomassa em condições anaeróbia (EN 13432; ASTM D 6400-99; AGROBIOFILM, 2013). Por último, os filmes compostáveis podem ser degradados em dióxido de carbono, compostos inorgânicos, água e biomassa através do processo de compostagem, sem deixar outros resíduos e a uma taxa de degradação comparável à de outros materiais compostáveis (ASTM 2002).

Os polímeros utilizados na produção de bioplásticos são derivados de matérias-primas renováveis como amido, celulose e açúcar, e que podem ser ou não biodegradáveis (COMISSÃO EUROPÉIA, 2011; BARKER et al., 2009).

A biodegradação do bioplástico no solo

A biodegradação do bioplástico ocorre porque o amido presente na sua composição química é utilizado como fonte de energia e carbono pelos microrganismos do solo. O processo de decomposição ocorre por meio das seguintes etapas: (1) quebra dos compostos de carbono em pequenas moléculas devido à secreção de enzimas e/ou pela ação do meio ambiente (temperatura, umidade e luz solar); (2) absorção e transporte de pequenas moléculas para dentro das células dos microrganismos; e (3) a oxidação das pequenas moléculas no interior das células microbianas em CO₂, água e calor (ASTM, 2002; KYRIKOU e BRIASSOULIS, 2007; SIVAN, 2011; KASIRAJAN e NGOUAJIO, 2012).

O processo de biodegradação do bioplástico pela via de degradação aeróbia segue a sequência apresentada na Figura 3.

A biodegradação do bioplástico é influenciada pela composição do polímero, temperatura, umidade, fertilidade, matéria orgânica do solo e as condições climáticas da região (Figura 4), talvez essas variáveis interagindo em conjunto ou isoladas sejam responsáveis para explicar os diferentes resultados verificados nos estudos de campo

realizados por diversos autores (OLSEN e GOUNDER, 2001; MORENO e MORENO, 2002; WANG et al., 2004; LOPEZ et al., 2007). OLSEN e GOUNDER (2001) utilizando bioplástico na cobertura do solo para a produção de hortaliças na Espanha constataram que 20% do bioplástico foi degradado em 33 dias no verão, 38 dias na primavera, 56 no outono e 83 dias no inverno. Lopez et al. (2007) estudando o cultivo do melão em uma região mediterrânea da Espanha, constataram que o bioplástico levou cerca de 6 meses para se decompor após ser incorporado ao solo. Já Mirshekari et al. (2012) avaliando a eficiência da cobertura do solo com bioplástico e polietileno na produção de milho doce em uma região com elevada temperatura e umidade no Irã, constataram que 50% do bioplástico foi degradado em 56 dias após ter sido utilizado para revestir o solo.

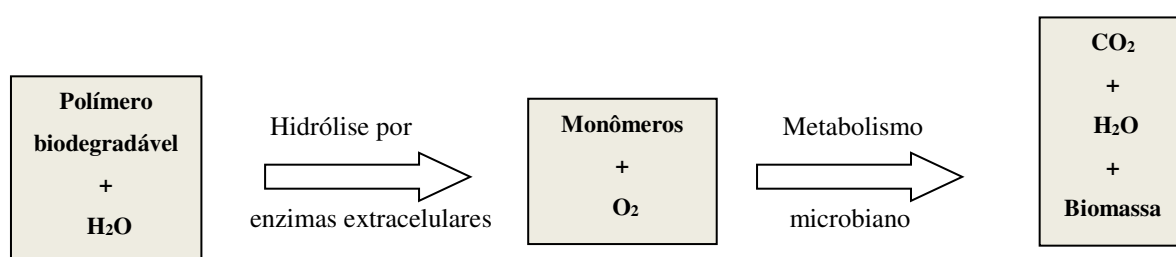


Figura 3. Processo de biodegradação aeróbia (adaptado de SIOTTO et al., 2012).

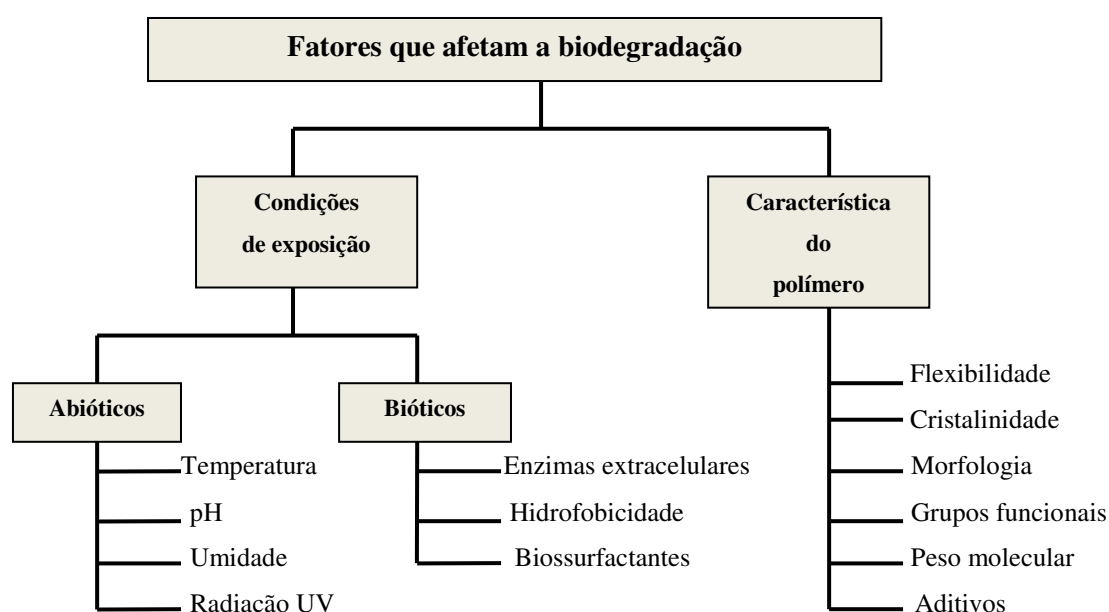


Figura 4. Fatores que afetam a biodegradação do bioplástico. (Adaptado de: KIJCHAVENGKUL et al., 2007)

Utilização agrícola do bioplástico na cobertura do solo

Os estudos referentes ao uso agrícola do bioplástico como cobertura de solo têm sido realizados na Europa desde o final dos anos 90 e têm como objetivo verificar a biodegradabilidade no solo e avaliar a eficiência do bioplástico sobre a umidade, a temperatura e a lixiviação de nutrientes no solo, o controle de doenças, pragas e plantas invasoras, a precocidade das colheitas, a produtividade e a composição química das plantas (OLSEN e GOUNDER, 2001; MORENO e MORENO, 2002; QUEZANDA et al., 2003; WANG et al., 2004; NGOUAJIO et al., 2008; MINUTO et al., 2008; KASIRAJAN e NGOUAJIO, 2012).

Quanto à qualidade agrônômica os resultados referentes à produtividade de frutos e hortaliças verificados com cobertura de bioplásticos são similares aos observados quando se utilizam plásticos de polietileno na cobertura de solo. Esse comportamento foi constatado em estudos com várias culturas, tais como o tomate de indústria (MARTÍN-CLOSAS et al., 2003; ARMÉNDARIZ et al., 2006; MARTÍN-CLOSAS et al., 2008), tomate fresco e de estufa (CANDIDO et al., 2006; MORENO e MORENO, 2008; NGOUAJIO et al., 2008; MORENO, MORENO e MANCEBO, 2009; ANZALONE et al., 2010), pimentão (OLSEN e GOUNDER, 2001), melões (VETRANO et al., 2009; CORDEIRO, 2011), e pepinos (WEBER, 2002), morangos (BILCK et al., 2010; CARVALHO, 2012; COSTA, 2012), couve-flor (MAGNANI et al., 2005), alface (MINUTO et al., 2008) e batata-doce (LEE et al., 2009).

Os bioplásticos utilizados como cobertura de solo podem ser encontrado no mercado com os nomes comerciais de Biosafe™ (Xinfu Pharmaceutical Co., China), Eastar Bio™ (Novamont, Itália), Eco-Flex (BASF, Alemanha), Ingeo® (NatureWorks, EUA) Mater-Bi® (Novamont, Itália) e Paragon (Avebe, Holanda) (HAYES et al., 2012).

Caracterização da área de estudo

O estudo de campo foi conduzido na fazenda experimental do Departamento de Ciências Agrárias da UNITAU (Coordenadas: 23°02'34"S e 45°31'02"W), numa área de 500 m², localizado na área rural do município de Taubaté, Estado de São Paulo, Brasil. A altitude média do local é de 577 m e, segundo a classificação de Köpen (1948), o clima é classificado de Cwa (Sub-tropical), com chuvas de verão e com uma precipitação média anual de 1300 mm. O solo é classificado como sendo um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico de textura média (EMBRAPA, 1999).

Avaliação do rendimento da alface (*Lactuca sativa* L.)

Os canteiros para o plantio das mudas de alface foram construídos com 1,2 m de largura, 0,3 m de altura e 5,0 m de comprimento tendo sido depois aplicado e misturado a 20 cm de profundidade do solo o calcário dolomítico, 2 kg de vermicomposto e fertilizantes mineral (300 kg ha^{-1} de P_2O_5 , 100 kg ha^{-1} de K_2O e 40 kg ha^{-1} N).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com cinco blocos e quatro tratamentos: SG- sem cobertura; CM - com cobertura morta (4 cm de podas de grama); PE - com cobertura de polietileno (30 μm) e BP - com cobertura de bioplástico (Agrobiofilm®, 17 μm).

O sistema de gotejamento foi colocado sobre a superfície dos canteiros com duas linhas de tubo gotejador com emissores a cada 20 cm e com vazão aferida de $1,67 \text{ L h}^{-1}$ a pressão de serviço de 1,6 kPa. Depois da sua instalação, foi realizada a cobertura dos canteiros com podas de grama, polietileno e bioplástico.

As mudas de alface (*Lactuca sativa*) da cultivar Verônica crespa foram plantadas no espaçamento de 0,2 x 0,2m.

A colheita foi realizada 50 dias após o transplante das mudas de alface e para medir a massa da matéria seca foram retirados 20 plantas situadas no centro dos canteiros. As plantas foram cortadas rente ao solo logo abaixo das folhas basais, pesadas em balança para se determinar a massa fresca e depois colocadas na estufa de ventilação forçada a 65°C durante 48 horas.

Avaliação da biodegradabilidade no campo

A biodegradabilidade foi estimada pela perda de massa dos polímeros no solo, para isso, bolsas de náilon (malha de 2mm) com 15 cm de largura e 20 cm de comprimento contendo polietileno e bioplástico foram enterradas a 20 cm de profundidade do solo. Depois as bolsas foram retiradas nos períodos de 30, 60, 90 e 120 dias após serem enterradas no solo. As bolsas de náilon foram lavadas em água corrente para retirar o excedente de solo e abertas para retirar os polímeros. Os polímeros foram lavados com uma solução de NaOH (12%) para retirar as frações de argilas aderidas na superfície dos polímeros. Os polímeros foram colocados em uma estufa de ventilação forçada a 65°C e por 48 horas de secagem tendo sido posteriormente retirados e pesados para avaliar a perda de massa e comparar com o valor da massa determinada antes de enterrar os polímeros.

Avaliação da biodegradabilidade pela emissão de CO₂

Para a determinação da biodegradação em laboratório pesou-se 100 mg de polietileno, bioplástico e celulose, depois de cortados em pedaços de 1 mm de diâmetro foram misturados com 100 g de solo. Após a mistura com o solo foi adicionado água destilada para ajustar a umidade do solo para 70% da capacidade de retenção de água (CRA) e colocado dentro de um frasco de vidro (2L), ao lado do solo foi colocado um recipiente contendo 40 mL de solução de hidróxido de sódio 0,5 mol L⁻¹ para absorver o CO₂ liberado do solo. Os frascos de vidros, depois de fechados, foram levados para a incubação em uma sala climatizada à temperatura de $\pm 28^{\circ}\text{C}$ e em ausência de luz durante um período de 15 dias. A cada intervalo de 3 dias foram realizadas as determinações da quantidade de CO₂ liberado do solo por condutivimetria, conforme metodologia descrita por Rodella e Saboya (1999).

Contagem de bactérias no solo

A contagem de bactérias no solo foi realizada 30 dias após a mistura dos fragmentos de bioplástico, polietileno e celulose serem misturados no solo. Foram pesadas 10 g de solo e colocadas em frascos com capacidade de 90 mL com tampa de rosca, contendo solução salina esterilizada (solução tampão de Fosfato Monopotássico e Cloreto de Magnésio). A partir daí prepararam-se diluições sucessivas até 10⁻⁵, depois alíquotas de 0,1mL foram transferidas para as placas de Petri contendo meio de cultura Bunt e Rovira (1955) e espalhadas com alça de *Drigalski* em triplicata. As placas foram mantidas a 28°C por 72 horas e depois efetuou-se a contagem das colônias e os resultados foram expressos em unidades formadoras de colônias por grama de solo seco (UFC x 10⁵ g⁻¹ solo seco).

Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as diferenças entre as médias foram avaliadas pelo teste de Tukey a 5%. Os dados foram analisados pelo software “SAS for Windows” (SAS, 2000).

Rendimento da alface

A Figura 5 apresenta os resultados da produção de alface cultivada nos canteiros sem cobertura e com cobertura morta, polietileno e bioplástico. Por meio da análise dos resultados, observa-se que a produção de alface com bioplástico foi igual à verificada com polietileno e a diferença significativa no rendimento foi observada entre a cobertura com bioplástico e o solo sem cobertura e com cobertura morta. A produção de alface no cultivo com bioplástico foi

61,2 % superior a produção obtida no solo sem cobertura e quando comparada com a produção verificada com a cobertura morta, constata-se que ela foi 40% mais elevada.

Os tratamentos com coberturas de bioplástico, polietileno e podas de gramas apresentaram valores de produção das culturas agrícolas superiores ao determinado no canteiro sem cobertura. Esses resultados sugerem que as coberturas aplicadas à superfície do solo, sejam de origem vegetal ou com filmes de polietileno e bioplástico, favoreceram o desenvolvimento das culturas. Isso se deve aos benefícios do cultivo em solo coberto, pois neste cultivo há menos competição com ervas daninhas e melhor aproveitamento da água, quando comparado como solo nu, por não se verificar evaporação, mas somente transpiração da planta (MCCRAW e MOSTES, 2007; MONTEIRO NETO, et al., 2014). Dessa forma, as plantas do tratamento com cobertura de solo apresentaram melhores condições para o aproveitamento da água disponível que, ao ser reduzido gradualmente durante a secagem do solo, provavelmente reduz o estresse na planta, fazendo com que obtivesse melhor desenvolvimento e as maiores produções em massa de matéria fresca (MINUTO et al., 2008; RODRIGUES et al., 2009).

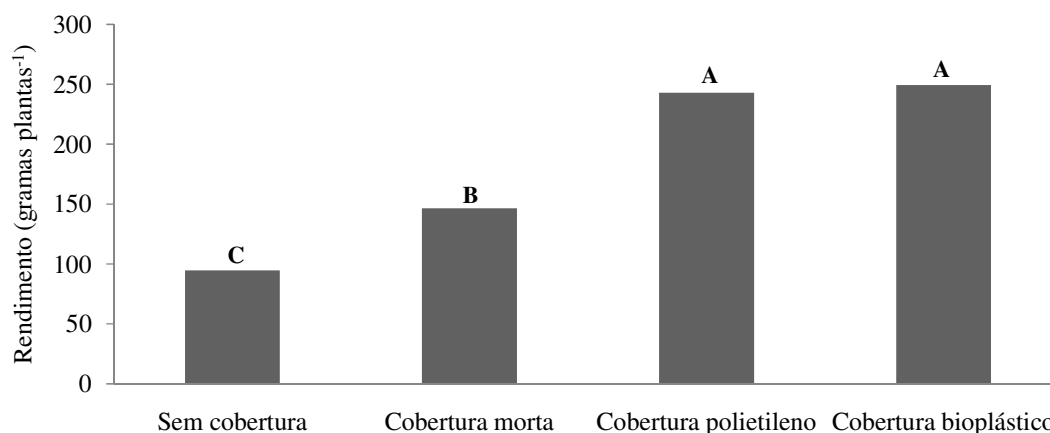


Figura 5. Produção de alface (gramas plantas⁻¹) cultivada em solo sem e com diferentes tipos de cobertura e fertilizado com vermicomposto. (Valores seguidos de mesma letra maiúscula, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%).

Vários estudos realizados para comparar os rendimentos das culturas com coberturas de filmes de polietileno e bioplásticos também não constataram diferenças significativas na produtividade e qualidade dos frutos entre as coberturas com polietileno e bioplástico (CORDEIRO, 2011; SARAÍVA, 2012; COSTA, 2012; CARVALHO, 2012).

Biodegradação dos polímeros no campo

A Figura 6 apresenta a relação funcional da decomposição de massa dos polímeros de bioplástico e polietileno, em função do tempo, com as respectivas variações instantâneas de perda de massa durante 120 dias no solo. Verifica-se que a biodegradação foi mais acentuada no polímero de bioplástico, pois 30 dias após a incorporação no solo a taxa de biodegradação atingiu um valor de 20%. Já no polímero de polietileno a biodegradabilidade foi mais lenta e começa a ser verificada após os 120 dias com uma taxa igual a 1,2%, ao passo que no mesmo período a biodegradabilidade do bioplástico ficou em 37%.

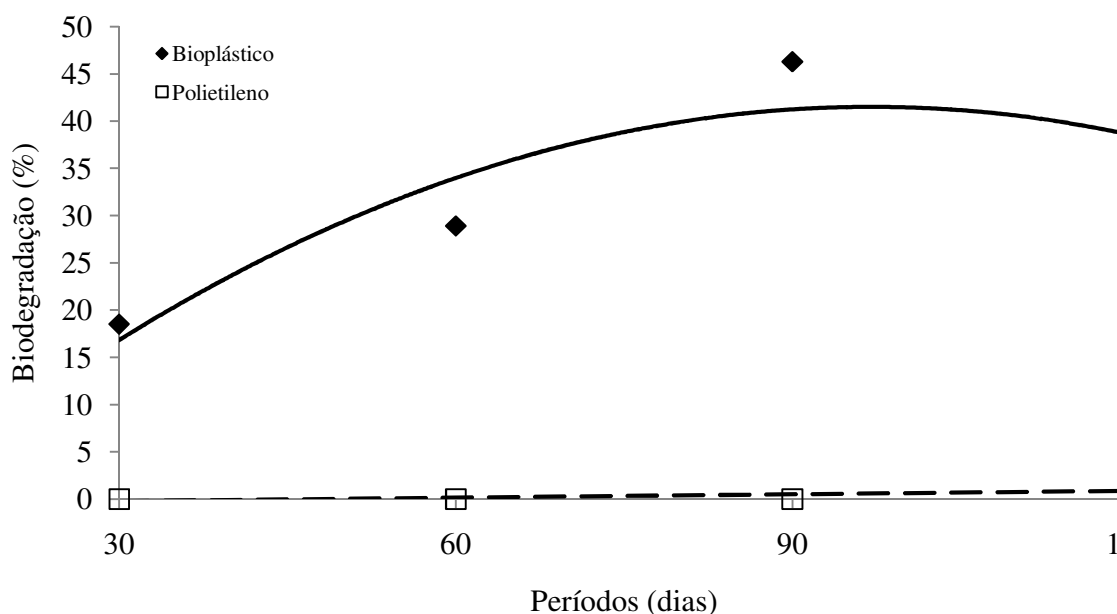


Figura 6. Percentual de biodegradação de polímeros de polietileno e bioplástico durante 120 dias enterrados no solo.

Essa rápida decomposição do bioplástico em relação ao polietileno deve-se, provavelmente, à presença do amido na composição do bioplástico, pois o amido é um composto de carbono solúvel que em contato com os microrganismos irá aumentar a velocidade de biodegradação no solo (SADI, et al., 2010; KASIRAJAN e NGOUAJIO, 2012). Por outro lado, a lenta biodegradação do polietileno deve-se à presença de carbono recalcitrante ocasionada pela elevada cristalinidade, hidrofobia e regularidade espacial dos polímeros existentes na composição do polietileno que contribuem para a sua resistência à biodegradação no solo (BASTIOLI, 1998).

A Figura 7 ilustra a biodegradabilidade do filme de bioplástico retirado 60 dias após ser incorporado no solo, nota-se a descontinuidade e a fragmentação do filme ocasionada pela ação dos microrganismos do solo.



Figura 7. Polímero de bioplástico após 60 dias de incorporação no solo.

Biodegradação dos polímeros pela emissão do C-CO₂

A Figura 8 apresenta a variação da emissão de C-CO₂ em amostras de solo misturadas com polietileno, bioplástico e celulose incubada por um período de 360 horas. Verifica-se que a liberação de C-CO₂, nas 24 horas, mantém-se estável entre os tratamentos e, depois da 216 horas, a quantidade de C-CO₂ apresenta aumento na modalidade no solo com celulose e bioplástico quando comparado com solo natural e solo incorporado com polietileno. Para o comportamento, observado na liberação de C-CO₂, entre a 24 e 216 horas, pode-se aventar que a causa seria a mudança no substrato energético, ou seja, a maioria dos microrganismos estabelecidos no solo não estava adaptada a decompor compostos orgânicos de baixa solubilidade fornecidos pela celulose e bioplástico. Já a tendência observada entre a 216 e 360 horas, pode estar relacionada às alterações das condições do meio, proporcionadas pela liberação de frações de carbono solúveis e nutrientes no solo. Esses fatores exigiram dos microrganismos um determinado tempo para adaptação das enzimas e ajustamento do metabolismo das células microbianas ao novo substrato orgânico e à nova condição química do solo (FORTES NETO, 2000; BETTIOL e FERNANDES, 2004).

Esses resultados sugerem que a incorporação da celulose e bioplástico no solo podem ter disponibilizado moléculas de carbono solúveis que foram rapidamente degradadas em glicose e assimiladas pelos microrganismos como fonte de energia, sendo convertidas em emissões de C-CO₂ (BASTIOLI et al., 1990, KASIRAJAN e NGOUAJIO, 2012).

Quanto à emissão de C-CO₂ no solo com polietileno verifica-se que ela mantém a mesma tendência da curva observada para o solo natural, indicando que no período de 360 horas o carbono existente no polietileno não ficou acessível para os microrganismos do solo.

A taxa acumulada da atividade respiratória dos microrganismos do solo foi expressa como mg de C-CO₂ liberado por 100 grama de solo, 360 horas após a incorporação de fragmentos de bioplástico, polietileno e celulose no solo (Figura 9). Os valores das emissões de C-CO₂ variaram significativamente com o tipo de substrato orgânico misturado ao solo. A quantidade de C-CO₂ acumulados variaram de 115,30 mg 100g⁻¹ de solo para o solo natural a 165,30 mg 100g⁻¹ de solo misturado com celulose. Observa-se que os menores valores de C-CO₂ foram determinados no solo e no solo misturado com polietileno, e que os maiores valores foram observados nos solos misturados com celulose e bioplásticos. Resultados similares também foram observados por Saraiva et al. (2012) e Costa (2012) quando, estudando a biodegradabilidade da celulose e bioplástico, constataram que quantidade de C-CO₂ liberado do solo incubado com celulose foi superior à determinada no solo com bioplástico.

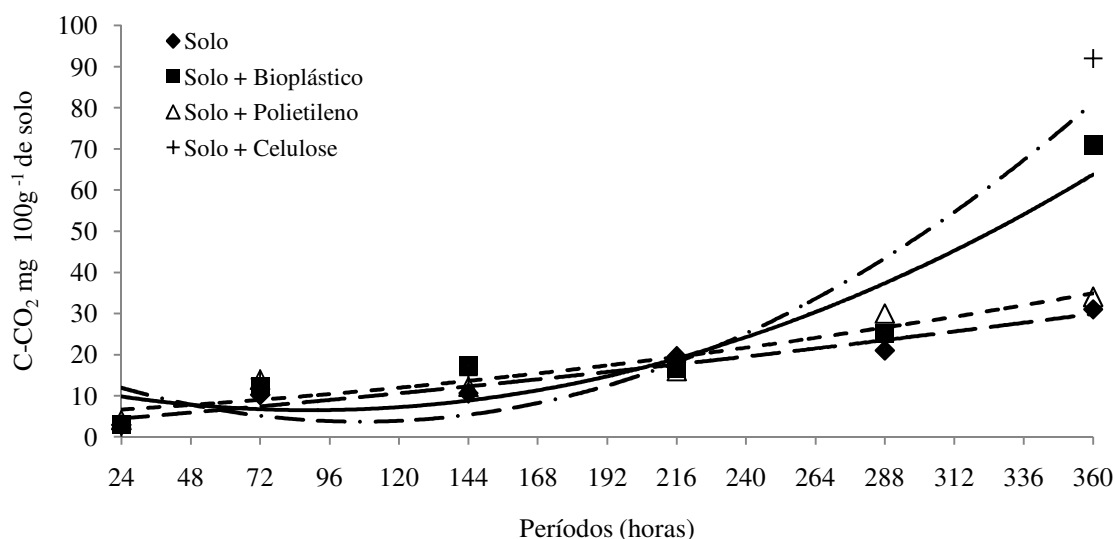


Figura 8. Variação da emissão do C-CO₂ do solo misturado com polietileno, bioplástico e celulose incubados durante 360 horas.

As elevadas taxas de C-CO₂ verificadas nos solos incubados com celulose e bioplástico ocorreram devido à maior atividade biológica que, por sua vez, foi estimulada pela

disponibilidade de carbono orgânico solúvel proporcionado pela decomposição da celulose e do amido presente no bioplástico (SIVAN, 2011; KASIRAJAN e NGOUAJIO, 2012).

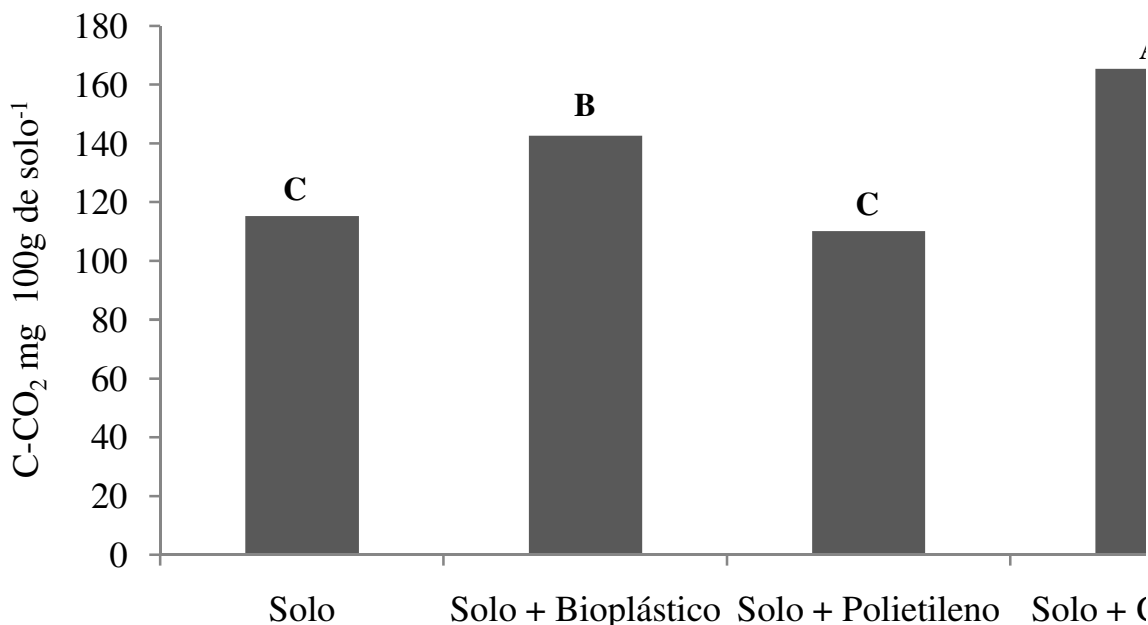


Figura 9. Taxa acumulada de CO₂ liberado de amostras de solo misturado com polietileno, bioplástico e celulose durante 15 dias de incubação (Valores seguidos de mesma letra maiúscula, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%).

Número de bactérias no solo

A contagem de unidade formadora de colônia (UFC) de bactérias, realizada 30 dias após a mistura com os fragmentos de bioplástico, polietileno e celulose no solo, apresentou diferenças significativas entre os tratamentos, e os valores variaram entre 11×10^5 UFC g⁻¹ de solo no solo sem mistura para 32×10^5 UFC g⁻¹ de solo no solo misturado com celulose (Figura 10).

Comparando esses resultados com os valores verificados em áreas naturais e com cultivos agrícolas, constata-se que eles estão acima dos valores observados por Moura et al. (2015) em áreas sem intervenções antrópicas e abaixo dos valores determinados por Vieira e Nahas (2000) em áreas com cultivo agrícola, 10^4 e 10^7 respectivamente.

A análise da Figura 10 permite também concluir que o solo natural e o solo com a adição do polietileno apresentaram os menores números de bactérias. Por outro lado, nas amostras de solo com as misturas de bioplástico e celulose, constataram-se os maiores aumentos nos números de unidades formadoras de colônia de bactérias. Esses aumentos na contagem de bactérias, verificados nos solos incorporados com bioplásticos e celulose, podem

ter ocorrido devido ao fornecimento de substratos energéticos e nutrientes provenientes da decomposição do bioplástico e celulose no solo, favorecendo, dessa maneira, a multiplicação das células bacterianas (SIVAN, 2011; KASIRAJAN e NGOUAJIO, 2012).

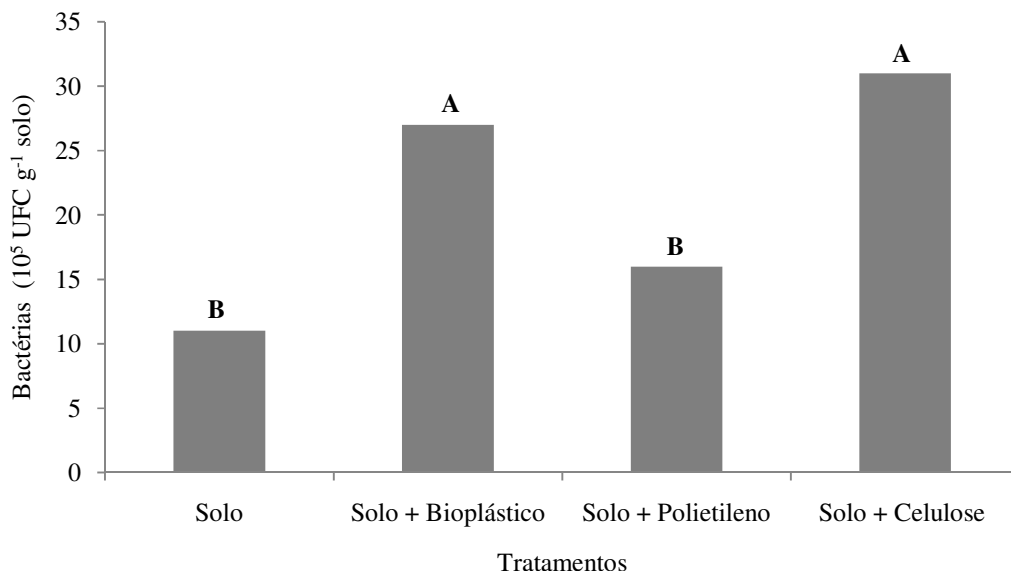


Figura 10. Unidade Formadora de Colônia (UFC) de bactérias x 10⁵ g⁻¹ de solo determinada nas amostras de solo natural e misturada com bioplástico, polietileno e celulose. (Valores seguidos de mesma letra maiúscula, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey 5%).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados pode-se concluir que:

- A cobertura do solo com bioplástico foi eficiente no aumento do rendimento da cultura da alface, pois apresentou a mesma produção da cobertura com polietileno e foi superior à produção verificada com a cobertura morta e sem cobertura do solo.
- A biodegradação do bioplástico no solo determinada pela perda de massa em condição de campo foi mais acentuada do que a do polietileno.
- A curva de liberação do C-CO₂ do solo refletiu a pronta disponibilidade de carbono orgânico do bioplástico e celulose para os microrganismos do solo.
- A taxa de emissão de C-CO₂ foi mais elevada nas amostras de solo incubadas com bioplásticos e celulose do que no solo misturado com polietileno.
- O número de bactérias no solo com bioplástico e celulose foi mais elevado quando comparado com os valores determinados nas amostras de solo com polietileno e solo natural.

- A cobertura do solo com bioplástico, além de apresentar a mesma produtividade da alface obtida com a cobertura de polietileno, tem como vantagem a possibilidade de ser incorporada ao solo após a colheita devido à elevada biodegradabilidade no solo.

AGRADECIMENTOS

A Fundação AGRISUS - Agricultura Sustentável, pelo apoio e financiamento para a realização do Projeto Agrisus: 1351/14

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGROBIOFILM. Tecnologias existentes. 2013. Disponível em: <<http://www.agrobiofilm.eu/pt/bioplasticos/35>>. Acesso em 06 jun. 2016.
- AGROBIOFILM CONSORCIUM. AGROBIOFILM - Compostable Films For Agriculture. 1ª Edição Silvex, Biobag & ICSE (Ed.) p. 160, 2013. Disponível em Inglês, Português, Francês e Espanhol.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM. Standard Guide for Conducting Terrestrial Plant Toxicity Tests, E 1663 - 02, 2002.
- ANZALONE, A.; CIRUJEDA A.; AIBAR, J.; Pardo G, Zaragoza C. Effect of biodegradable mulch materials on weed control in processing tomatoes. **Weed Technology**, v. 24, n. 3, p. 369-377, 2010.
- ANZALONE GRACI, A. L.; ZARAGOZA LARIOS, C. (Codirector de la tesis); AIBAR LETE, J. (Director de la tesis). 2008. 170 f. **Evaluación de alternativas al uso del polietileno como cubierta del suelo para el manejo de malas hierbas y otros aspectos agronómicos en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* P. Mill) en España y Venezuela**. "Tesis Doctoral". Universidad de Zaragoza, 2008.
- ARMÉNDARIZ, R.; MACUA, J. I.; LAHOZ, I.; SANTOS, A.; CALVILLO, S. **The Use of Different Plastic Mulches on Processing Tomatoes**, Acta Horticulturae n. 724, p. 199-202, 2006.
- BARKER, M.; SAFFORD, R. Industrial Uses For Crops: Markets For Bioplastics, **HGCA**, 2009.
- BASTIOLI, C.; BELLOTTI, V; GILLI G. The use of agricultural commodities as a source of new plastic materials. Proc. Biodegradable packagings and agricultural films. **APRIA Conference**. Paris, France, 10-11 may, 1990. p.1-36.
- BASTIOLI, C. Properties and applications of Mater-Bi Starch-based materials. **Polymer Degradation and Stability**, v. 59, n. 1-3, p. 263-272, 1998.
- BETTIOL, W.; FERNANDES, S. A. P. Efeito do lodo de esgoto na comunidade microbiana e atributos químicos do solo. Jaguariúna: **Embrapa Meio Ambiente**, 2004. (Comunicado Técnico).
- BLISKA, A. Plasticultura e Cultivo Protegido: Informação e Planejamento são Indispensáveis. **Revista Plasticultura**, Campinas, n. 2. p. 8, 2011.
- BILCK, A. P.; GROSSMANN, M. V.; YAMASHITA, F. Biodegradable mulch films for strawberry production. **Polymer Testing**, v. 29, n. 4, p. 471-476, 2010.
- BRIASSOULIS, D. Mechanical behaviour of biodegradable agricultural films under real field conditions. **Polymer Degradation and Stability**, 91: 1256 – 1272. 2008.
- BUNT, J.S.; ROVIRA, A.D. Microbiological studies of some subantarctic soils. **Journal of Soil Science**, Oxford, v. 6, p. 119-128, 1955.

CANDIDO, V.; MICCOLIS, V.; CASTRONUOVO, D.; MANERA, C.; MARGIOTTA, S. Mulching studies in greenhouse by using eco-compatible plastic films on fresh tomato crop. **Acta Horticulturae**, v. 710, p. 415-42, 2006.

COMISSÃO EUROPEIA. Plastic waste in the environment. p. 171, 2011. Disponível em: <<http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/pdf/plastics.pdf>>. Acesso em 22 jun. 2016.

CARVALHO, L.; OLIVEIRA, M.; DUARTE, E. A cultura outonal do morangueiro com plástico biodegradável- resultados do primeiro ano de monitorização no âmbito do projeto “AGROBIOFILM”. IV Colóquio Nacional da Produção de Pequenos Frutos. **Actas Portuguesas de Horticultura**, n. 20, p. 85-93, 2012.

CONSÓRCIO AGROBIOFILM. Plásticos biodegradáveis para cobertura de solo. Editado pela Silvex, Biobag & ICSE. Lisboa, Portugal, p. 161, 2013.

CORDEIRO, T. **Influência dos plásticos biodegradáveis na produtividade, precocidade e qualidade do melão “Lusitano”** (*Cucumis melo* var. *inodorus*). 2011. 66 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, 2011.

COSTA, A. C. L. **Influência de dois tipos de cobertura no solo na produtividade do morangueiro**. 2012. 68 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2012.

COSTA, R. A. C. **Estudo da biodegradabilidade de bioplásticos numa cultura de ciclo longo - morango**. 2012. 75 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA - EMBRAPA. 1999. Sistema brasileiro de classificação de solos. Centro Nacional de Pesquisa de Solos: Rio de Janeiro, 412p.

EUROPEAN BIOPLASTIC. Driving the evolution of plastic. p. 12, 2014. Disponível em: <http://docs.european-bioplastics.org/2016/association/EUBP_image_brochure.pdf>. Acesso 22 jun. 2016.

FORTES NETO, P. **Degradação de biossólido incorporado ao solo avaliada através de medidas microbiológicas**. 2000. 113f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

GARTHE, J. W.; KOWAL, P. D. Recycling used agricultural plastics. **Penn State Fact Sheet C-8**. 1993. Disponível em: <<http://pubs.cas.psu.edu/freepubs/pdfs/C8.pdf>>. Acesso em 23 maio 2016.

HAYES, D. G.; DHARMALINGAM, S.; WADSWORTH, L. C.; LEONAS, K. K.; MILES, C.; INGLIS, D. A. Biodegradable Agricultural Mulches Derived from Biopolymers. In: **Degradable Polymers and Materials: Principles and Practice**. KHEMANI, A. I. K. C.; SCHOLZ, C. (Ed.), University of Alabama at Huntsville. ACS Books, 2012.

KASIRAJAN, S.; NGOUJIO, M. Polyethylene and biodegradable mulches for agricultural applications: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, v. 32, p. 501-529, 2012.

KIJCHAVENGKUL, T.; AURAS, R.; RUBINO, M.; NGOUAJIO, M.; FERNANDEZ, R. T. Assessment Of Aliphatic-Aromatic Copolyester Biodegradable Mulch Films, Part I: Field Study. **Chemosphere**, v. 10, p. 74-79. 2007.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de latierra. Cidade do México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 479 p.

KYRIKOU, I.; BRIASSOULIS, D. Biodegradation of Agricultural Plastic Films: A Critical Review. **Journal Polymer Environment**, v. 15, p. 125-150, 2007.

LEE, J. S.; JEONG, K. H.; KIM, H. S.; KIM, J. J.; SONG, Y. S.; BANG, J. K. Biodegradable plastic mulching in sweetpotato cultivation. **Korean Journal of Crop Science**, v. 54, n. 2, p. 135-142, 2009.

LÓPEZ, J.; GONZÁLEZ, A.; FERNÁNDEZ, J. A.; BAÑÓN, S. Behaviour of biodegradable films used for mulching in melon cultivation. **Acta Horticulturae**, n. 747, p. 125-130, 2007.

McCRAW, D; MOTES, J. Use of plastic Mulch and Row covers in vegetable production-Fact Sheets. **Oklahoma Cooperative Extension**. 2007.

MAGNANI, G.; FILIPPI, F.; GRAIFENBERG, A.; BERTOLACCI, M. Valutazione agronomica di film biodegradabili per la pacciamatura. **Coltura Protette**, v. 34, p. 59-68, 2005.

MARTÍN-CLOSAS, L.; BACH, M. A.; PELACHO, A. M. Biodegradable mulching in an organic tomato production system. **Acta Horticulturae**, n. 767, p. 267-274, 2008.

MARTÍN-CLOSAS, L., SOLER, J.; PELACHO, A. M. Effect of different biodegradable mulch materials on an organic tomato production system. **KTBL-Schrift**, n. 414, p. 78-85, 2003.

MILES, C., R.; WALLACE, A.; WSZELAKI, J.; MARTIN, J.; COWAN, T.; WALTERS, D. 2012. Durability of potentially biodegradable alternatives to plastic mulch in three tomato production regions. **HortScience**, v. 47, n. 9, p. 1270-1277, 2012.

MINUTO, G.; PISI, L.; TINIVELLA, F.; BRUZZONE, C.; GUERRINI, S.; VERSARI, M. Weed control with biodegradable mulch in vegetable crops. **Acta Horticulturae**, n. 801, p. 291-298, 2008.

MIRSHEKARI, B.; RAJABLARIJANI H. R.; ALIKHANI, M.A.; FARAHVASH F.; RASHID, V. Evaluation of biodegradable and polyethylene mulches in sweet corn production. **International Journal of Agriculture and Crop Sciences**, v. 20, n. 20, p. 1540-1545, 2012.

MONTEIRO NETO, J. L. L.; SILVA, A. C. D.; SAKAZAKI, R. T.; TRASSATO, L. B.; ARAÚJO, W. F. Tipos de coberturas de solo no cultivo de alface (*Lactuca sativa* L.) sob as condições climáticas de Boa Vista, Roraima. **Bol. Mus. Int. de Roraima**, v. 8, n. 2, p. 47-52, 2014.

MORENO, M. M.; MORENO, A. Effect of different biodegradable and polyethylene mulches on soil properties and production in a tomato crop. **Scientia Horticulturae**, n. 116, p. 256-263, 2008.

MORENO, M. M.; MORENO, A.; MANCEBO, I. Comparison of different mulch materials in a tomato (*Solanum lycopersicum* L.) crop. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 7, n. 2, p. 454-464, 2009.

MOURA, Q. L.; RUIVO, M. L. P.; RODRIGUES, H. J. B.; ROCHA, E. J. P.; SILVA JUNIOR, J. A.; VASCONCELOS, S. S.; ANDRADE, M. C.; MANES, C. L. Variação sazonal da população de bactérias e fungos e dos teores de nitrato e amônio do solo nos sítios do Lba e Ppbio, na Amazônia Oriental. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 3, p. 265-274, 2015.

NGOUAJIO, M.; AURAS, R.; FERNANDEZ, T. Field Performance of Aliphatic-aromatic Copolyester Biodegradable Mulch Films in a Fresh Market Tomato Production System. **HortTechnology**, v. 18, n. 4, p. 605-610, 2008.

OLSEN, J. K.; GOUNDER, R. K. Alternatives to polyethylene mulch film - a field assessment of transported materials in capsicum (*Capsicum annuum* L.). **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 41, p. 93-103, 2001.

PLASTICS EUROPE. Plastic - the Facts 2013: An analysis of european latest plastics production, demand and wastes data, 2013. Disponível em: <http://www.plasticseurope.org/documents/document/20131014095824-final_plastics_the_facts_2013_published_october2013.pdf>. Acesso em 22 jun. 2016.

QUEZADA, R. R. M.; MUNGUÍA, J.; IBARRA, L.; CEDENO, B. Differences in the degradation of padded photodegradable films, caused by the management of melon cultivation (*Cucumis melo* L.). **Phyton, Intl J Exp Bot**, v. 72, p.135-142, 2003.

RODELLA, A. A.; SABOYA, L. V. Calibration for conductimetric determination of carbon dioxide. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 31, p. 2059-2060, 1999.

- RODRIGUES, D. S.; NOMURA, E. S.; GARCIA, V. A. Coberturas de solo afetando a produção de alface em sistema orgânico. **Revista Ceres**, v. 56, n. 3, p. 332-335, 2009.
- SADI, R.K.; FECHINE, G.J.M.; DEMARQUETTE, N.R. Photodegradation of poly (3-hydroxybutyrate). **Polymer Degradation Stability**, v. 95, n.12, p. 2318-2327, 2010.
- SARAIVA, A.; COSTA, R.; CARVALHO, L.; DUARTE, E. The use of biodegradable mulch films in muskmelon crop production. **Basic Research Journal of Agriculture Science and Review**, v. 14, p. 88-95, 2012.
- SCARASCIA-MUGNOZZA, G.; SCHETTINI, E.; VOX, G.; MALINCONICOM, M.; IMMIRZI, B.; PAGLIARA, S. Mechanical properties decay and morphological behaviour of biodegradable films for agricultural mulching in real scale experiment. **Polymer Degradation Stability**, v. 91, p. 2801-2808, 2006.
- SHOGREN, R. L.; HOCHMUTH, R. C. Field evaluation of watermelon grown on paper-polymerized vegetable oil mulches. **HortScience**, v. 39, p. 1588-1591, 2004.
- SIVAN, A. New perspectives in plastic biodegradation. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 22, p. 422-426, 2011.
- SIOTTO, M.; SEZENAB, E.; SAPONARB, S.; INNOCENTI, F. D.; TOSIN, M.; BONOMO L.; MEZZANOTTE, V. Kinetics Of Monomer Biodegradation In Soil. **Journal Of Environmental Management**, v. 93, p. 31-37, 2012.
- SOFTWARE STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM – SAS. Procedures guides. Version 6. Cary [EstadosUnidos]: SAS by SAS INSTITUTE –Inc. Cary, NC, USA. 2002.
- VALENZUELA, P.; GUTIÉRREZ, H. Acolchado de suelo mediante filmes de polietileno. **El Agroecológico**, mayo 1999. Fundación Chile.
- VETRANO, F.; FASCELLA, S.; IAPICHINO, G.; INCALCATERRA, G.; GIRGENTI, P.; SUTERA, P.; BUSCEMI, G. Response of melon genotypes to polyethylene and biodegradable starch-based mulching films used for fruit production in the western coast of Sicily. **Acta Horticulturae**, n. 807, p. 109-114, 2009.
- VIEIRA, F. C. S.; NAHAS, E. Quantificação de bactérias totais e esporuladas no solo. **Scientia Agrícola**, v. 57, p. 539 -545, 2000.
- WANG, Y. Z.; YANG, K. K.; WANG, X. L.; ZHOU, Q.; ZHENG, C. Y; CHEN, Z. F. Agricultural application and environmental degradation of photobiodegradable polyethylenmulching films. **Journal Polymerer Environmental**, v. 12, p. 7-10, 2004.
- WEBER, C. Biodegradable foil mulch for pickling cucumbers. **Gemuse Munchen**, v. 36, n. 4, p. 30-32, 2002.

Subsídios para Implantação do Plano de Gerenciamento dos Resíduos dos Serviços de Saúde das Unidades Básicas de Saúde do Município de Augustinópolis - TO

Jesuane Cavalcante Melo de Moraes ⁽¹⁾

Ana Julia Urias dos Santos Araújo ⁽¹⁾

INTRODUÇÃO

No Brasil são coletadas diariamente 228.413 toneladas de resíduos sólidos urbanos, deste montante, estima-se que 1% corresponda aos resíduos de serviços de saúde (RSS), totalizando, aproximadamente, 2.300 toneladas por dia (IBGE, 2010).

Condições precárias de gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos proporcionam contaminação da água, do solo e da atmosfera e, ainda, proliferação de vetores, afetando a saúde da população, em especial daqueles trabalhadores que têm contato direto com esses resíduos. Essa situação é agravada quando se constata o descaso com o gerenciamento de Resíduos de Serviço de Saúde (RSS) gerados por diferentes tipos de instituições (GARCIA, ZANETTI-RAMOS, 2004).

Para corrigir este problema a Agência Nacional de Vigilância Sanitária e o Ministério do Meio Ambiente elaboraram o Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviço de Saúde (PGRSS) para nortear a implantação, operação e o gerenciamento do plano pelas unidades de saúde (BRASIL, 2006).

O plano estabelece procedimentos que visam à adoção de medidas técnicas, administrativas e normativas para prevenir acidentes, responsabilizando os serviços de saúde pelo correto gerenciamento de todos os resíduos de serviço de saúde por eles gerados, até a sua destinação final, possibilitando assim reduzir o volume de resíduos perigosos e a incidência de acidentes ocupacionais, dentre outros benefícios à saúde pública e ao meio ambiente (STEHLING, 2009).

Uma das fontes geradoras de resíduos de serviços de saúde são as Unidades Básicas de Saúde (UBS), essas unidades produzem diariamente resíduos contaminados com agentes patogênicos que devem ser tratados de forma especial, desde sua geração até destinação final.

⁽¹⁾ 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: anajulia.araujo@unitau.com.br

No entanto, nessas unidades também são gerados resíduos que constituem componentes não perigosos que se assemelham aos resíduos domiciliares e que, portanto, devem ser destinados para a coleta municipal.

A mistura desses resíduos comuns com o de serviço de saúde gera maior volume de material contaminado e, conseqüentemente, maior risco para o ambiente e para a saúde pública.

Nesse contexto, os resíduos dos serviços de saúde gerados na Unidade Básica de Saúde passam a ser um problema para os municípios, visto que a maioria dos municípios brasileiros não tem o Plano de Gerenciamento de Resíduo de Serviços de Saúde que possibilite envolver os profissionais durante a geração, separação, armazenamento, transporte e destinação dos resíduos.

Sendo assim, o objetivo deste capítulo é caracterizar a situação dos resíduos dos serviços de saúde gerados nas unidades básicas de saúde e descrever as medidas de biosseguranças adotadas pelos profissionais de forma a subsidiar a elaboração do plano de gerenciamento de resíduos dos serviços de saúde no município de Augustinópolis-TO.

DESENVOLVIMENTO

Localização do município de Augustinópolis-TO

O município de Augustinópolis – TO, está localizado à margem direita do Rio Araguaia, sob coordenadas geográficas 5° 28' 7" Sul, 47° 53' 22" Oeste. A extensão territorial é de 408,05 km²; a altitude média é de 145m acima do nível do mar e a população é de 15.695 habitantes (IBGE, 2010). O município fica a 720 km da capital do Estado, Palmas, e tem como municípios limítrofes: Sampaio, Carrasco Bonito, Buriti do Tocantins, Araguaatins, Axixá do Tocantins e Praia Norte (Figura 1).



Figura 1. Localização do município de Augustinópolis-TO

Caracterização das unidades básicas de saúde

As cinco unidades básicas dos serviços de saúde do município de Augustinópolis-TO possuem espaço físico adequado para a demanda de atendimento à população. No Quadro 1 estão apresentadas as características básicas de cada unidade básica de saúde e a capacidade de atendimento mensal dos pacientes.

QUADRO 1. Localização, área total, área construída e capacidade de atendimento das Unidades Básicas de Saúde (I, II, III, IV e V) do Município de Augustinópolis-TO.

*UBS	Endereço	Área total do terreno (m ²)	Área construída (m ²)	Capacidade de atendimento (pacientes/mês)
I	Rua Sergipe, S/Nº - Boa Vista	270	159	450
II	Rua Presidente Kennedy, S/Nº	360	204	750
III	Rua 15 de novembro, S/Nº - Santa Rita	264	160	1.000
IV	Rua Pacífico Siqueira Campos, S/Nº	569	308	970
V	Rodovia TO 404 - Km16 (cerca de 5Km do centro da cidade)	250	149	540

*Unidade Básica de Saúde

As cinco unidades básicas possuem setores específicos para cada tipo de procedimento ou atividade, conforme se demonstra no Quadro 2. De modo geral, o número de setores de cada unidade é suficiente para o atendimento da demanda de pacientes.

Como se vê no Quadro 2, todas as unidades têm auditório para realização de atividades educativas, além dos setores básicos para atendimento médico, odontológico e de enfermagem; com exceção da unidade V, todas têm sala de imunização.

Verifica-se, ainda no Quadro 2, que a unidade IV tem mais setores, isso se explica pelo fato de nela estar instalado o Núcleo de Apoio à Saúde da Família (NASF), que oferece atendimento especializado, contando para isso com número maior e diversificado de profissionais (Quadro 3).

QUADRO 2. Setores existentes nas Unidades Básicas de Saúde (I, II, III, IV e V) do Município de Augustinópolis-TO, para realização de procedimentos e atividades.

SETOR	UNIDADE BÁSICA DE SAÚDE				
	I	II	III	IV	V
Auditório	1	1	1	1	1
Consultório de Enfermagem	1	1	1	1	1
Consultório de Fisioterapia	-	-	-	1	-
Consultório Médico	1	1	1	1	1
Consultório de Nutrição	-	-	-	1	-
Consultório Odontológico	1	1	1	1	1
Consultório de Psicologia	-	-	-	1	-
Consultório de Serviço Social	-	-	-	1	-
Laboratório de Análises Clínicas	-	1	-	-	-
Sala de curativos	-	-	-	1	1
Sala de endemias	-	1	-	-	-
Sala de esterilização	1	1	-	1	-
Sala de triagem	1	1	1	1	1
Sala de vacina (imunização)	1	1	1	1	-
Recepção	1	1	1	1	-
Copa	1	1	1	1	1
Banheiros	2	3	2	4	2

(-): não há o referido setor na UBS.

A área de circulação entre os diferentes setores também pode ser considerada adequada, nas cinco unidades. No entanto, observa-se a ausência de setores específicos para armazenamento temporário dos resíduos de saúde, dentro da unidade geradora, e de armazenamento externo, para abrigar os resíduos até sua coleta. As unidades carecem também de local apropriado para tratamento prévio de resíduos, o que está em desacordo com os

parâmetros estabelecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Anvisa, RDC 306/2004 (BRASIL, 2004).

QUADRO 3. Profissionais vinculados às Unidades Básicas de Saúde (I, II, III, IV e V) do Município de Augustinópolis-TO.

PROFISSIONAL	UNIDADE BÁSICA DE SAÚDE					TOTAL
	I	II	III	IV	V	
Agente Comunitário de Saúde	11	10	8	9	4	32
Assistente Social	-----	-----	-----	1	-----	1
Auxiliar de consultório dentário	1	1	1	1	1	5
Auxiliar de serviços gerais	1	1	1	1	1	5
Cirurgião Dentista	1	1	1	1	1	5
Educador Físico	-----	-----	-----	1	-----	1
Enfermeiro	1	1	1	1	1	5
Fisioterapeuta	-----	-----	-----	2	-----	2
Médico	1	1	1	1	1	5
Nutricionista	-----	-----	-----	1	-----	1
Psicólogo	-----	-----	-----	1	-----	1
Secretária	-----	-----	-----	1	-----	1
Técnico de Enfermagem	3	4	4	3	1	15
Técnico de laboratório	-----	1	-----	-----	-----	1
TOTAL	19	20	17	24	10	90

O quadro funcional das unidades está composto por 90 profissionais, conforme se demonstra no Quadro 3. Os profissionais atuantes nas Unidades são vinculados ao Programa Saúde da Família. Assim, além do atendimento clínico realizado nas unidades, os profissionais participam do conjunto de ações de atenção básica previstas naquele Programa.

Como visto no Quadro 3, a unidade IV possui um quadro de profissionais diferenciado e maior, pois conforme exposto anteriormente, nela está instalado o Núcleo de Apoio à Saúde da Família (NASF), com atendimento de fisioterapia, educação física, nutrição e de serviço social, além das atividades de clínica geral, odontologia e enfermagem.

Essa unidade também faz atendimento à população residente no presídio localizado na mesma área. Já a unidade V é a menor unidade, nela é atendida uma comunidade rural de uma vila distante a 5 km do centro de Augustinópolis-TO.

O período de funcionamento das unidades é de 8 horas por dia, durante cinco dias na semana, de segunda a sexta-feira. Na unidade V são oferecidos serviços no período noturno, uma vez por semana, para realização de um programa especialmente voltado para a saúde do homem, “O Corujão”, que atende aos homens que exercem suas atividades laborais na agricultura e que, por isso, não podem comparecer para atendimento durante o dia.

Cabe ressaltar o quadro de Agentes Comunitários de Saúde, ao todo 32 profissionais, que realizam visitas domiciliares e orientação à população.

Manejo dos resíduos e biossegurança nas unidades básicas de saúde

Durante as visitas para observação da rotina de trabalho nas unidades, foram verificadas práticas nos diferentes setores que estão em desconformidade com a normas estabelecidas pela Anvisa, RDC 306/2004 (BRASIL, 2004), e que podem comprometer a saúde dos trabalhadores, do meio ambiente e, consequentemente, da população.

No levantamento foram verificadas as seguintes não conformidades:

- Realização de procedimentos sem uso de equipamentos de proteção individual (EPI), como luvas e máscaras, por parte de alguns profissionais;
- Descarte de resíduos de diferentes tipos num mesmo recipiente, principalmente os utilizados em curativos, coleta de exame preventivo ginecológico, teste de glicemia, suturas, algodão e gaze, contendo material biológico;
- Descarte de resíduos comuns em recipiente destinados a descarte de resíduos biológicos;
- Acondicionamento de resíduos em embalagens não apropriadas;
- Falta de identificação em embalagens contendo resíduos potencialmente perigosos;
- Ausência de setor específico para tratamento prévio de resíduos possivelmente infectantes;
- Ausência de local interno determinado para o armazenamento temporário de resíduos;
- Ausência de local externo apropriado para armazenamento de resíduos, para posterior coleta;
- Manejo interno de resíduos realizado por zeladores, sem uso de EPI e com mistura das embalagens dos diferentes setores;
- Transporte externo dos RSS por caminhão basculante, juntamente com os resíduos domésticos provenientes da coleta municipal;
- Destinação final dos RSS juntamente com resíduo comum, em ambiente a céu aberto (lixão).

Já em conformidade com os procedimentos estabelecidos pela Anvisa - RDC 306/2004 (BRASIL, 2004), observou-se que feito o tratamento prévio dos resíduos das salas de vacina uma vez por semana são tratados, antes do descarte, seringas utilizadas para vacinação e frascos com imunobiológicos vencidos ou inutilizáveis; esse material é

esterilizado em autoclaves, existentes em todas as unidades, nas salas de odontologia. Além disso, para o descarte de resíduos perfurocortantes são utilizados recipientes rígidos, devidamente identificados.

Iniciativas positivas foram observadas quanto à reciclagem: os papéis de escritório são reutilizados na confecção de blocos de rascunhos e os recipientes vazios de álcool são reutilizados para fazer blocos de gelo (enchidos com solução aquosa de anilina, que é congelada e utilizada para manter a temperatura em caixas térmicas).

Essa realidade observada no município estudado já foi observada por outros autores, tanto no que diz respeito às questões de biossegurança quanto do manejo e descarte de resíduos (GARCIA, ZANETTI-RAMOS, 2004; REZENDE, et al., 2012)

Conforme determina a legislação brasileira os trabalhadores das unidades básicas de saúde estudadas têm a sua disposição os equipamentos de proteção individual necessários para cada tipo de procedimento (BRASIL, 2005).

A falta de uso por parte de alguns profissionais pode estar relacionada à falta de orientação e treinamento, por parte do empregador. Rezende et al. (2012), verificaram entre profissionais da Atenção Básica a falta de adesão ao uso de diferentes equipamentos de proteção. Os autores sugerem que essa atitude pode estar relacionada à proximidade dos profissionais com o usuário, comum nesse serviço, gerando um clima de informalidade.

Assim, nas atividades de educação continuada com os trabalhadores da saúde, além dos aspectos técnicos que caracterizam os riscos na manipulação de materiais, o aspecto cultural também deve ser observado.

Quanto ao manejo de resíduos, Almeida et al. (2009), estudando 47 unidades de saúde de Juazeiro do Norte – CE, também verificaram diferentes falhas no processo. Os autores concluíram que isso se devia à falta de um plano de gerenciamento de resíduos e ressaltam a importância de um plano formal para padronização dos procedimentos e de treinamento específico para os trabalhadores sobre o manejo dos resíduos e, ainda, observam que o envolvimento efetivo dos gestores deve favorecer o sucesso dessas ações.

A preocupação com o manejo dos resíduos deve estar também voltada para os trabalhadores que realizam o transporte e a disposição final de resíduos. Barros et al. (2010), estudando exposição a material biológico entre trabalhadores durante coleta desses resíduos, verificaram ser expressivo o número de acidentes com material perfurocortante e fluídos biológicos, devido ao mal acondicionamento e a forma inadequada como eram abrigados esses resíduos nas áreas externas dos estabelecimentos e, ainda, durante o despejo dos resíduos pelos caminhões de coleta na área destinada para disposição final.

Quanto à destinação final dos resíduos dos serviços de saúde, verificou-se que eles são coletados e depois depositados em valas cavadas próximas ao lixão.

Neste estudo não foi possível avaliar tecnicamente se o procedimento está de acordo com as exigências mínimas estabelecidas no Anexo II da Resolução CONAMA 358/2005 (BRASIL, 2005), que trata exclusivamente da disposição final de resíduos de saúde em municípios com população inferior a 30.000 habitantes, caso de Augustinópolis-TO.

Caracterização das fontes geradoras dos resíduos de serviço de saúde

O número de atendimento por procedimentos executados e resíduos esperados nas unidades básicas de saúde no município de Augustinópolis-TO estão apresentados no Quadro 4. Observa-se que em 2013 foram realizados 113.589 atendimentos nas cinco unidades e os tipos de resíduos gerados estão relacionados a natureza da atividade tais como consultas, enfermagem, médica, odontológica e preventiva.

A maioria desses atendimentos foi para a realização de procedimentos de natureza preventiva e de consultas, atividades essas que geram resíduos do tipo comum (Grupo D), principalmente papel e resíduos orgânicos (Quadro 4).

Quanto à geração de resíduos com possível presença de agentes patogênicos (Grupo A) e de materiais perfuro cortantes (Grupo E), observou-se que as unidades geradoras são aquelas que realizam procedimentos médicos, de enfermagem e de odontologia. Já a geração de resíduos químicos (Grupo B) foi observada na maioria dos procedimentos de natureza odontológica.

QUADRO 4. Número de atendimentos/procedimentos executados nas Unidades Básicas de Saúde de Augustinópolis, no ano de 2013, com indicação da possível geração de resíduos, classificados por Grupos: A – Biológico; B – Químico; D – Comum e E – Perfuro cortante

NATUREZA	PROCEDIMENTO	UNIDADES BÁSICAS DE SAÚDE					TOTAL	RESÍDUO ESPERADO POR GRUPO			
		I	II	III	IV	V		A	B	D	E
Consulta	Consulta de profissionais de nível superior (exceto médico)	444	2650	409	2070	1118	6691			x	
Consulta	Consulta médica em Atenção Básica	2422	6953	3927	4187	2202	19691			x	
Consulta	Consulta para acompanhamento de crescimento	328	259	734	378	43	1742			x	
Consulta	Consulta pré-natal	702	201	507	551	227	2188			x	
Consulta	Consulta puerperal	206	3	15	22	5	251			x	
Consulta	Consulta/atendimento domiciliar	216	478	95	100	199	1088			x	
Total Consultas		4318	10544	5687	7308	3794	31651				
Enfermagem	Administração de medicamentos em Atenção Básica			85			85		x	x	x
Enfermagem	Aferição de pressão arterial	4106	12306	6251	2182	3517	28362			x	
Enfermagem	Aplicação de suplementos de micronutrientes		37	110			147			x	
Enfermagem	Coleta de material de exame citopatológico de colo uterino	57	272	71	127	180	707	x		x	x
Enfermagem	Coleta de material para exame laboratorial			43			43	x		x	x
Enfermagem	Coleta de sangue para triagem neonatal	115		41	42	3	201	x		x	x
Enfermagem	Curativo de demora com ou sem preparo biomecânico				21		21	x		x	
Enfermagem	Curativo grau I com ou sem debridamento	59	293	230	189	248	1019	x		x	
Enfermagem	Inalação/nebulização		25	346	110	86	567			x	
Enfermagem	Retirada de pontos de cirurgias básicas	82	256	145	157	204	844	x		x	x
Enfermagem	Terapia de rehidratação oral	101	24	27	10	36	198			x	
Enfermagem	Glicemia capilar	200	566	376	438	374	1954	x		x	x
Total Enfermagem		4720	13779	7725	3276	4648	34148				

(continua....)

NATUREZA	PROCEDIMENTO	UNIDADES BÁSICAS DE SAÚDE					TOTAL	RESÍDUO ESPERADO POR GRUPO			
		I	II	III	IV	V		A	B	D	E
Médica	Atendimento de urgência em Atenção Básica	167	8	29		92	296	x		x	
Médica	Excisão e/ou sutura simples de pequenas lesões	3		55			58	x		x	x
Total Médica		170	8	84	0	92	354				
Odontológica	Ação coletiva de aplicação tópica de Flúor gel	1714					1714		x	x	
Odontológica	Acesso a polpa dentária e medicação (por dente)					79	79	x	x	x	x
Odontológica	Aplicação de cariostático (por dente)					27	27	x	x	x	
Odontológica	Aplicação de selante (por dente)	42					42	x		x	
Odontológica	Aplicação tópica de Flúor (individual por sessão)	12			32	265	309	x	x	x	
Odontológica	Capeamento pulpar	135		45	58	6	244	x		x	x
Odontológica	Exodontia de dente decíduo	134	13	46	177	77	447	x		x	x
Odontológica	Exodontia de dente permanente	3	10	22	412	131	578	x		x	x
Odontológica	Pulpotomia dentária				3		3	x	x	x	x
Odontológica	Raspagem alisamento e polimento supragengivais	29		100	76	80	285	x		x	x
Odontológica	Raspagem alisamento subgengivais (por sextante)	140			75	80	295	x		x	x
Odontológica	Restauração de dente decíduo	62		26	121	61	270	x	x	x	x
Odontológica	Restauração de dente permanente anterior	91		34	135	93	353	x	x	x	x
Odontológica	Restauração de dente permanente posterior	355		118	126	162	761	x	x	x	x
Odontológica	Selamento provisório de cavidade dentária	181				87	268	x	x	x	x
Odontológica	Primeira consulta odontológica programática	624	29	48	510	278	1489	x		x	x
Total Odontológica		3522	52	439	1725	1426	7164				

(continua....)

NATUREZA	PROCEDIMENTO	UNIDADES BÁSICAS DE SAÚDE					TOTAL	RESÍDUO ESPERADO POR GRUPO			
		I	II	III	IV	V		A	B	D	E
Preventiva	Assistência domiciliar por profissional de nível médio	19	281			17	317			x	
Preventiva	Avaliação antropométrica		202	4768	100		5070			x	
Preventiva	Prática corporal/atividade física em grupo			5	151		156			x	
Preventiva	Visita domiciliar por profissional de nível médio	14473	9827	1172	2565	2806	30843			x	
Preventiva	Visita domiciliar por profissional de nível superior		12		368	6	386			x	
Preventiva	Ação coletiva de escovação dental supervisionada	1714			90	505	2309		x	x	
Preventiva	Atividade educativa/orientação em grupo	135	23	11	608	414	1191			x	
Total Preventiva		16341	10345	5956	3882	3748	40272				
TOTAL DE ATENDIMENTOS/PROCEDIMENTOS		29071	34728	19891	16191	13708	113589				

Nas unidades básicas de saúde não são realizados procedimentos que possam gerar rejeitos radioativos (Grupo C), visto que as atividades são de Atenção Básica.

Essas observações realizadas, nos diferentes setores das unidades estudadas, permitem supor o potencial risco a que estão expostas as pessoas que manipulam os resíduos gerados nas unidades e reforçam a necessidade de uma orientação contínua aos profissionais envolvidos nesse serviço de saúde.

Quantificação dos resíduos dos serviços de saúde

A quantificação dos resíduos gerados nas cinco unidades básicas de saúde de Augustinópolis-TO, realizada durante uma semana de trabalho, resultou em 71,89 kg. Estima-se, portanto, que o total de resíduos gerados em um mês de trabalho seja de aproximadamente 287 kg e cerca de 3.444 kg por ano. Na Tabela 1, estão demonstrados os resultados obtidos na pesagem dos diferentes tipos de resíduos de cada unidade, os valores para cada tipo de resíduo foram convertidos para a produção média diária, indicando-se a proporção de cada tipo de resíduo em relação ao total.

Tabela 1. Quantidade de resíduos (kg) gerados nas unidades básicas de saúde de Augustinópolis-TO no período de 1 a 5 de abril de 2013, classificados por Grupos: A – Biológico; D – Comum e E – Perfuro cortante.

<i>Unidades</i>	<i>Grupo A</i>	<i>Grupo D</i>	<i>Grupo E</i>	<i>TOTAL</i>
	------(kg)-----			
I	2,810	5,645	5,200	13,655
II	2,729	5,605	4,410	12,735
III	2,240	6,350	9,320	17,910
IV	3,570	4,500	7,900	15,970
V	1,350	5,620	4,650	11,620
TOTAL	12,690	27,720	31,480	71,890
kg/dia	2,538	5,544	6,296	14,378
Proporção (%)	17,65	38,56	43,79	100

Ascari, Steffani e Krauzer (2014) estudando o gerenciamento de resíduos em 15 unidades básicas de saúde de um município em Santa Catarina, verificaram uma produção

proporcionalmente diferente da verificada no presente estudo, sendo do Grupo A - 18,18%; do Grupo D - 73,12% e do Grupo E - 8,69%. Os autores relatam produção média diária de 59,033 kg de resíduos no conjunto das 15 unidades (3,935 kg/dia/unidades), resultado superior ao encontrado no presente estudo: 14,378 kg/dia, no conjunto das 5 unidades estudadas (2,876 kg/dia/unidades).

No presente estudo, a maior quantidade de ~~dos~~ resíduos dos serviços da saúde se refere aos materiais perfurocortantes (Grupo E - 43,79%), mas como se verificou em todas as unidades, a segregação desse material é feita de forma adequada. De acordo com a legislação (BRASIL, 2006), os materiais perfurocortantes devem ser descartados separadamente, no local de sua geração, imediatamente após o uso ou necessidade de descarte, em recipientes rígidos, resistentes à punctura, ruptura e vazamento, com tampa, devidamente identificados, atendendo aos parâmetros referenciados na norma NBR 13853/97 da ABNT, sendo expressamente proibido o esvaziamento desses recipientes para o seu reaproveitamento.

Na Tabela 2, são apresentadas as médias diárias dos resíduos por unidades, possibilitando avaliar a geração de resíduos perigosos (Grupo A - biológico + Grupo E - perfuro cortantes) em relação ao total de resíduos produzidos.

Tabela 2. Geração diária de resíduos (kg), por grupo, nas unidades básicas de saúde de Augustinópolis-TO, no período de 01 a 05 de abril de 2013

Tipo RSS	UBS I		UBS II		UBS III		UBS IV		UBS V		TOTAL	
	kg dia ⁻¹	%	kg dia ⁻¹	%	kg dia ⁻¹	%	kg dia ⁻¹	%	kg dia ⁻¹	%	kg dia ⁻¹	%
Grupos A+E	1,602	59	1,428	56	2,312	65	2,294	72	1,200	52	8,834	61
Grupo D	1,129	41	1,121	44	1,270	35	0,900	28	1,124	48	5,544	39
TOTAL	2,731	100	2,547	100	3,582	100	3,194	100	2,324	100	14,378	100

Verifica-se que o percentual de resíduos perigosos (Grupos A+E) variou de 52% a 72%, resultado superior ao obtido por Moreira (2012), que estudando quatro unidades básicas de saúde na região centro-oeste do município de São Paulo, encontrou percentuais variando de 27% a 42%. A mesma autora observou que, em países onde o gerenciamento de ~~dos~~ resíduos dos serviços de saúde é eficiente, a percentagem de resíduos infectantes varia entre 10% e 20%.

Os resultados verificados no presente estudo podem ser explicados por falhas na segregação, pois durante a pesagem dos resíduos, verificou-se em todas as unidades a presença de resíduos com possível presença de agentes patogênicos – biológico (Grupo A) em recipientes destinados ao descarte de resíduos comuns (Grupo D), e também o inverso. Esse procedimento inadequado leva à produção de quantidade muito maior de resíduos com possíveis contaminantes e, consequentemente, aquilo que poderia ser descartado como lixo doméstico passa a compor o volume de resíduo infectante.

Na Tabela 3, são apresentadas as taxas de geração diária de resíduos perigosos por atendimentos e procedimentos prestados pelas unidades estudadas. A quantidade de atendimentos foi baseada nos Relatórios Mensais de Produção (Quadro 4). Já a quantidade de procedimentos foi determinada pelo número de atendimentos em setores críticos das unidades básicas de saúde, ou seja, naqueles que se observou geração ou que seria esperada a geração de resíduos contaminantes (Grupos A e E – Quadro 4).

Tabela 3. Taxas de geração diária de RSS, por grupo, nas unidades básicas de saúde de Augustinópolis-TO, no período de 01 a 05 de abril de 2013

ITENS	UNIDADES BÁSICAS DE SAÚDE					TOTAL
	I	II	III	IV	V	
	------(Número de atendimentos)-----					
Total de atendimentos	29071	34728	19891	16191	13708	113589
	------(Número de atendimento dia ⁻¹)-----					
Atendimentos (nº dia ⁻¹)	79,6	95,1	54,5	44,4	37,6	311,2
	------(número)-----					
Total de procedimentos	2491	1447	1514	2699	2527	10678
	------(Número de atendimento dia ⁻¹)-----					
Procedimentos dia ⁻¹	6,8	4,0	4,1	7,4	6,9	29,3
	------(kg dia ⁻¹)-----					
Resíduos A+D+E	2,73	2,54	3,58	3,19	2,32	14,36
Resíduos A + E	1,60	1,42	2,31	2,29	1,20	8,82
	------(kg atendimento ⁻¹)-----					
Taxas de geração diária						
A+D+E	0,03	0,03	0,07	0,07	0,06	0,05
A+E	0,02	0,02	0,04	0,05	0,03	0,03
A+E	0,23	0,36	0,56	0,31	0,17	0,30

A taxa de geração diária de resíduos totais (A+D+E) nos conjuntos das cinco unidades estudadas foi de 0,05, variando de 0,03 a 0,07. Esse resultado está abaixo do encontrado por Moreira (2012) na região centro-oeste do município de São Paulo, onde a variação foi de 0,05 e 0,17, em quatro unidades estudadas. No presente estudo foram considerados todos os atendimentos feitos pelas unidades, incluindo-se atividades educativas e preventivas. Isso pode explicar a diferença encontrada ao se comparar com o referido estudo.

Quanto à taxa de geração diária de resíduos infectantes/atendimentos, verificou-se neste estudo variação de 0,02 a 0,05, resultados semelhantes aos de Moreira (2012) que encontrou variação de 0,02 a 0,06.

No entanto, a mesma autora encontrou variação de 0,05 a 0,12 nas taxas de geração diária de resíduos infectantes/procedimentos, enquanto que neste estudo a variação das taxas entre as cinco unidades básicas de saúde foi de 0,17 a 0,56. Ou seja, nas unidades de Augustinópolis geram-se mais resíduos por procedimentos do que na região tomada por comparação. Isso reforça a necessidade de elaboração e execução do plano de gerenciamento de resíduos e da participação de todos os profissionais direta ou indiretamente envolvidos nas atividades desse serviço de saúde.

Com relação aos resíduos químicos (Grupo E), durante a observação da rotina de trabalho dos profissionais, verificou-se que há geração desse tipo de resíduo em diversos procedimentos (Quadro 04), no entanto, durante os processos de classificação e pesagem, não foi possível determinar a quantidade de resíduos gerados e como foram descartados.

Como apresentado no QUADRO 4, o setor com maior potencial para geração de resíduos químicos (Grupo E) é o de odontologia. Nazar, Pordeus e Werneck (2005) estudando o gerenciamento de resíduos odontológicos em 54 postos de saúde de Belo Horizonte, referem-se à importância da segregação correta de produtos químicos, em especial o mercúrio; os autores verificaram que a maioria dos procedimentos nas unidades estudadas estava em desacordo com a legislação, e atribuíram isso à falta de um plano de gerenciamento de resíduos.

Gerenciamento dos resíduos dos serviços de saúde

As unidades básicas de saúde exercem papel fundamental na promoção e manutenção de saúde da população. No caso do município de Augustinópolis-TO, mais de 100 mil atendimentos/procedimentos são realizados por ano, envolvendo 90 profissionais, para uma população de cerca de 15 mil habitantes. A maioria das atividades gera

principalmente resíduos comuns: Consultas, 27,9% e Ações Preventivas, 35,5%, totalizando 63,4%. Resíduos potencialmente perigosos são gerados em procedimentos de Enfermagem, Medicina e Odontologia (36,6%). A alta taxa de geração de resíduos biológicos (Grupos A) e perfurocortantes (Grupo E) por procedimento (Tabela 4) mostram a necessidade de seu melhor gerenciamento.

Embora a legislação brasileira que trata do gerenciamento de resíduos seja consistente, abrangendo tanto a área da saúde quanto a do ambiente e da segurança do trabalhador, observa-se a ineficácia na gestão, em especial de resíduos dos serviços de saúde (RSS), visto que sequer há mudanças na situação encontrada em diversas instituições avaliadas por diferentes autores, inclusive as consideradas como pequenos geradores, como as UBS (MOREIRA, 2012). Sendo assim, deverá ser considerada de fundamental importância a implementação de políticas de gerenciamento nos mais diversos serviços ou estabelecimentos (BRASIL, 2006), e o caminho para isso, como apontam Garcia e Zanetti-Ramos (2004), é o exercício do bom-senso, aliado com a educação e o treinamento dos profissionais de saúde, e o esclarecimento da população. A tomada de medidas no contexto da biossegurança, aliando economia de recursos, preservação do meio ambiente, ética e responsabilidade poderão garantir mais qualidade de vida no presente e um futuro mais saudável para as próximas gerações.

TABELA 3. atendimentos/procedimentos realizados nas unidades básicas de saúde de Augustinópolis-TO no ano de 2013

<i>Atividades</i>	<i>Números de procedimentos</i>	<i>Percentual (%)</i>
Consultas	31651	27,9
Enfermagem	34148	30,1
Médica	354	0,3
Odontológica	7164	6,2
Preventiva	40272	35,5
TOTAL	113589	100,0

O município de Augustinópolis-TO deverá enfrentar esse desafio, e no sentido de contribuir, são apresentadas sugestões, baseadas na legislação pertinente e nos resultados obtidos no presente estudo com as observações *in loco* e os dados coletados, que poderão ser norteadoras na elaboração e implantação do Plano de Gerenciamento de Resíduos dos

Serviços de Saúde (PGRSS) para as UBS do município. São elas:

- Designar uma Comissão Técnica, em cada UBS, para o Gerenciamento dos Resíduos;
- Elaborar os documentos formais do PGRSS, envolvendo profissionais de todos os setores e representantes da comunidade;
- Estabelecer os objetivos e metas a serem cumpridas em cada etapa do processo de implantação do PGRSS;
- Promover treinamento para as equipes técnicas, com base nas normatizações, estabelecendo procedimentos operacionais padronizados para segregação e acondicionamento dos resíduos, promovendo biossegurança;
- Realizar a segregação no local de geração dos resíduos, sendo classificados em Grupos A, B, D e E;
- Providenciar para os resíduos do Grupo A (biológicos), em número e tamanhos adequados, em todos os setores críticos, recipientes com tampa e com pedal de características rígidas, revestidos de sacos plásticos de cor branca leitoso, com símbolo de resíduo infectante;
- Verificar para os resíduos do Grupo B (químicos), a possibilidade de sua diluição em água para o descarte no esgoto sanitário e, no caso dos perigosos, providenciar a sua correta destinação;
- Realizar de forma adequada a segregação dos resíduos do Grupo E, no entanto, uma equipe técnica deverá ser continuamente instruída no sentido de não descartar nas caixas rígidas de resíduo perfurocortante outros materiais;
- Estabelecer indicadores para avaliar continuamente a taxa de geração de resíduos nos setores críticos das UBS;
- Adquirir autoclaves, uma para cada UBS, para realizar a esterilização dos RSS que necessitem de tratamento prévio; comprovadamente essa é a forma mais rápida e segura para esterilização de resíduos de serviços de saúde;
- Evidenciar e padronizar o momento para a coleta e transporte interno dos RSS, determinando o percurso até o local de armazenamento, em cada UBS, para facilitar a retirada dos resíduos e minimizar os riscos de acidentes por profissionais de saúde;
- Observar que a coleta e o transporte interno dos resíduos dos grupos A, B, e D, deverão ocorrer uma vez por dia, no final do expediente, em carro-coletor de transporte, rígido e resistente; o profissional deverá ser capacitado e orientado para esta função, devidamente paramentando (fazendo uso de EPI) e envolvido diretamente em todas as etapas do gerenciamento dos RSS;

- Transportar os resíduos do Grupo E, sempre que atingirem o limite máximo, com o devido cuidado para que o profissional não corra riscos;
- Estabelecer em cada UBS os locais para armazenamento temporário dos resíduos até a sua coleta para armazenamento externo;
- Construir depósitos para armazenamento externo temporário dos resíduos, conforme a legislação, é necessária a existência de dois locais para armazenamento temporário: um para resíduos infectantes (Grupos A e E) e outro para resíduos comuns (Grupo D), em cada unidade, visto que os resíduos gerados nas unidades são coletados pela Prefeitura uma vez por semana e não podem ficar expostos;
- Estabelecer as parcerias necessárias para garantir adequada coleta e transporte dos resíduos produzidos: os carros de coleta devem ser identificados e separados por tipo de resíduos, obedecendo ao fluxo de acordo com a realidade das unidades de saúde. Os profissionais deverão estar paramentados adequadamente, fazendo uso de EPI.
- Intensificar os esforços no sentido de garantir a correta destinação final dos resíduos, com a implantação do Aterro Sanitário;
- Promover educação continuada para todos os envolvidos na execução do plano de gerenciamento de resíduos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve por finalidade colaborar, tanto no âmbito acadêmico quanto nos avanços de políticas públicas, no que se refere à implantação do Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (PGRSS) em municípios com características semelhantes às de Augustinópolis-TO.

As Unidades Básicas de Saúde (UBS) do município onde se deu o estudo, de modo geral, apresentam as condições necessárias para funcionamento, tanto para os procedimentos clínicos quanto para as atividades educativas voltadas à promoção da saúde, previstas no Programa de Saúde da Família.

O município carece de um plano de gerenciamento de resíduos dos serviços de saúde, visto que nos procedimentos de manejo de resíduos não se obedece ao que está estabelecido na legislação. Ficou evidente que muitos profissionais desconhecem ou não se importam com as medidas de biossegurança, pois deixam de usar equipamentos de proteção individual, embora disponíveis.

As fontes geradoras de resíduos perigosos são aquelas que realizam procedimentos clínicos, como de enfermagem, de odontologia e médicos. Durante a classificação dos

resíduos coletados nesses setores, ficaram evidentes as falhas na segregação e acondicionamento: o descarte de um tipo de resíduo em recipiente apropriado para outro transforma todo o resíduo em perigoso. A geração de resíduos totais nas unidades básicas de saúde estudadas (Grupos A – biológico; Grupo D – comum e Grupo E – perfuro cortante) é semelhante ao produzido em instituições de mesma natureza, no entanto, aplicando-se como indicador a taxa de geração de resíduos perigosos por procedimento clínico, o resultado foi muito superior ao encontrado em outros estudos.

Assim, ressalta-se a necessidade de promover atividades de capacitação e educação continuada, tanto para os integrantes das equipes das unidades básicas de saúde quanto para os profissionais que realizam a coleta e a disposição final dos resíduos.

Por meio deste estudo, espera-se ter contribuído para a elaboração e implantação do plano de gerenciamento de resíduos dos serviços de saúde no município de Augustinópolis-TO, visando especialmente às unidades básicas de saúde, para uma perfeita adequação e cumprimento da legislação vigente, devendo-se ressaltar que o sucesso do plano dependerá do empenho de todos os atores envolvidos: gestores, equipes técnicas e comunidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, V. C. F.; PINTO, S. L.; NASCIMENTO, A. J. R.; FEITOSA, C. R.; ALENCAR, P. R. P. Gerenciamento dos resíduos sólidos em Unidades de Saúde da Família. **Revista Rene**. Fortaleza, v. 10, n. 2, p. 103-112, abr./jun. 2009.
- ASCARI, R.A.; STEFFANI, J. A.; KRAUZER, I. M. Caracterização do gerenciamento dos resíduos sólidos dos serviços de saúde em um município de Santa Catarina. **Brazilian Journal of Surgery and Clinical Research**, v. 6, n. 1, p. 22-27, mar./maio 2014.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 306 de 07 de dezembro de 2004. Dispõe sobre regulamentação técnica para o gerenciamento de resíduos dos serviços de saúde. **Diário Oficial [da] União**, Poder Executivo, 2004.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 358 de 29 de abril de 2005**. Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. Brasília, DF, 2005.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. **Manual de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde**. Brasília, DF, 2006.
- GARCIA L. P.; ZANETTI-RAMOS, B. G. Gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde: uma questão de biossegurança. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 3, p. 744-752, maio-jun. 2004.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo demográfico, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.com.br/cidadesat/topwindow.htm>>. Acesso em: 20 fev. 2012.
- MOREIRA, A. M. M. **Gerenciamento de resíduos de serviços de saúde: um desafio para unidades básicas de saúde**. 2012. 199 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública: Ciências Ambientais) – Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
- NAZAR, M. W.; PORDEUS, I. A.; WERNECK, M. A. F. Gerenciamento de resíduos sólidos de odontologia em

postos de saúde da rede municipal de Belo Horizonte, Brasil. **Revista Panamericana de Salud Publica**, v. 17, n. 4, p. 237-42, 2005.

REZENDE, K. C. A. D.; TIPPLE, A. F. V.; SIQUEIRA, K. M.; ALVES, S. B.; SALGADO, T. A.; PEREIRA, M. S. Adesão à higienização das mãos e ao uso de equipamentos de proteção pessoal por profissionais de enfermagem na atenção básica em saúde. **Ciencia e Cuidado da Saude**, v. 11, n. 2, p. 343-351, abr./Jun. 2012.

STEHLING, M. M. C. T. **Gerenciamento de resíduos com risco biológico e perfurocortantes**: conhecimento e sua aplicação no ciclo básico e na pesquisa do Instituto de Ciências Biológicas da UFMG. 2009, 72 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, 2009.

As Mudanças no Cotidiano das Populações Atingidas pela Construção da Usina Hidrelétrica de Estreito-MA

Nelita Neves Bandeira ⁽¹⁾

Flávio José Nery Conde Malta ⁽¹⁾

INTRODUÇÃO

No Brasil deve-se ter uma atenção especial para a importância das usinas hidrelétricas, pois representam a matriz energética de maior interesse para os grupos que trabalham com esses empreendimentos e o governo federal acena com a manutenção desta matriz para o fornecimento de energia elétrica.

As hidrelétricas são vistas de forma geral no país como a principal fonte de geração de energia elétrica e ultimamente várias usinas como a de Belo Monte e Jirau estão sendo construídas nos principais rios da região norte do Brasil.

No rio Tocantins foi finalizada em 2012 a construção da usina hidrelétrica de Estreito-MA com capacidade para fornecer cerca de 1.087 MW de energia, o suficiente para abastecer uma cidade com cinco milhões de habitantes. O reservatório ocupa uma área de 400 Km², situado entre o estado do Maranhão e Tocantins e com capacidade de armazenamento de 5,4 bilhões m³ de água. O vertedor da barragem possui 14 vãos com 20 m de extensão e as comportas foram construídas de forma a não impedir a passagem da água pelo vertedor (CESTE, 2013).

A dimensão do reservatório da barragem ocasionou o surgimento de inúmeros problemas de ordem: ambiental, social e econômica. E esses problemas foram destacados nos últimos anos pelos veículos de comunicação. Dentre os municípios atingidos pelo lago do reservatório o município de Estreito-MA, por ser a sede do empreendimento, foi o que sofreu toda sorte de danos: ambiental, social e econômico.

Com relação às populações atingidas pela construção da usina de Estreito, destacam-se os proprietários rurais deslocados para o assentamento Braço Forte, os membros da cooperativa de pescadores e os barraqueiros da praia ilha da cigana, que tiveram de mudar gradativamente a sua rotina de trabalho.

⁽¹⁾ 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: flaviomalta@terra.com.br

Diante do exposto, o presente capítulo irá caracterizar a região e os principais impactos socioeconômicos provocados no cotidiano das populações atingidas pela construção da Usina Hidrelétrica de Estreito-Maranhão.

DESENVOLVIMENTO

Caracterização Socioeconômica do Município de Estreito-MA

O município de Estreito está localizado na Mesorregião Sul do Maranhão (Figura 1) e Microrregião de Porto Franco, atualmente é um dos municípios de maior importância econômica dessa Microrregião. Estreito-MA conta com uma população aproximada de 35 mil habitantes (IBGE, 2010), é a sede da Usina Hidrelétrica de Estreito (UHE), sendo considerado um dos maiores empreendimentos de geração de energia entre os estados do Maranhão e Tocantins, cujo município, é a sede das obras, recebe doações e recursos financeiros provenientes de impostos e compensação financeira pela utilização dos recursos hídricos.



Figura 1. Mapa das Mesoregiões Maranhenses com destaque para a Microrregião de Porto Franco. Fonte: UEMA, 2013

O crescimento da população de Estreito-MA, é recente, até a década de 1980, era apenas um povoado que surgiu por estar localizado às margens de uma importante rodovia a

BR-010, limita-se com o Maranhão e o Tocantins, igual à urbanização brasileira, que também é um fenômeno recente (Tabela 1).

Tabela 1: Crescimento da população de Estreito-MA no período de 1990 à 2010.

Anos	População		
	Total	Urbana	Rural
	------(mil hab ⁻¹)-----		
1991	23.031	11.571	11.460
1996	24.581	14.145	10.436
2000	22.930	15.846	7.084
2007	26.490	18.728	7.762
2010	35.835	25.778	10.057

Fonte: IPEA - DATA, 2013.

A população do município de Estreito é de 35.835 habitantes, com área de 2.718,978 km² de acordo com o Censo do IPEA de 2013. O nome Estreito é uma alusão à parte mais estreita do Rio Tocantins, onde se encontram construídas as duas pontes que ligam os Estados do Maranhão e Tocantins. A primeira ponte foi construída na década de 1960, época da construção da rodovia Belém-Brasília (BR-010), e inaugurada pelo então Presidente da República Juscelino Kubitschek de Oliveira, cuja ponte levou o seu nome. A segunda ponte possui o nome oficial de Ponte Ferroviária do Estreito, foi construída sobre o rio Tocantins, na ferrovia Norte Sul, tem a extensão de 1.300 metros de comprimento, foi inaugurada em 20 de setembro de 2002, cujo objetivo é transportar cargas e passageiros pelos trens na ferrovia Norte-Sul rumo ao Centro Oeste e ao Sudeste do Brasil.

Implantação da Usina Hidrelétrica de Estreito

Em 12 de julho de 2002, a Usina Hidrelétrica de Estreito foi licitada e a concessão foi adquirida pelo Consórcio Estreito Energia (CESTE), em leilão realizado no estado do Rio de Janeiro. Participaram desse consórcio as empresas GDF Suez (energia), com 40,07%, a Vale (mineradora), com 30%, a Alcoa (alumínio) com 25,49% e a Camargo Corrêa Energia (engenharia, construção e energia) com 4,44%. Após a licitação, foram realizadas as audiências públicas nos municípios que estavam sobre a influência do lago da hidrelétrica, dentre eles Carolina e Estreito no Maranhão e Aguiarnópolis, Babaçulândia e Filadélfia no

Tocantis. As audiências realizadas nos anos de 2004 e 2005 geraram muitas dúvidas para a população atingida.

No ano de 2005 o CESTE solicitou ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA) a Licença de Instalação (LI) e, em 2006, o IBAMA concluiu a análise do Projeto Básico Ambiental (PBA) e neste ano foi liberada a licença ambiental. Em 2007 foi inaugurado o escritório do CESTE na cidade de Estreito-MA para dar prosseguimento aos procedimentos para a formação do lago, conforme demonstrado na Figura 2. Após a delimitação da área do lago teve início a fase das negociações para o desalojamento da população da área a ser inundada para formar o lago.

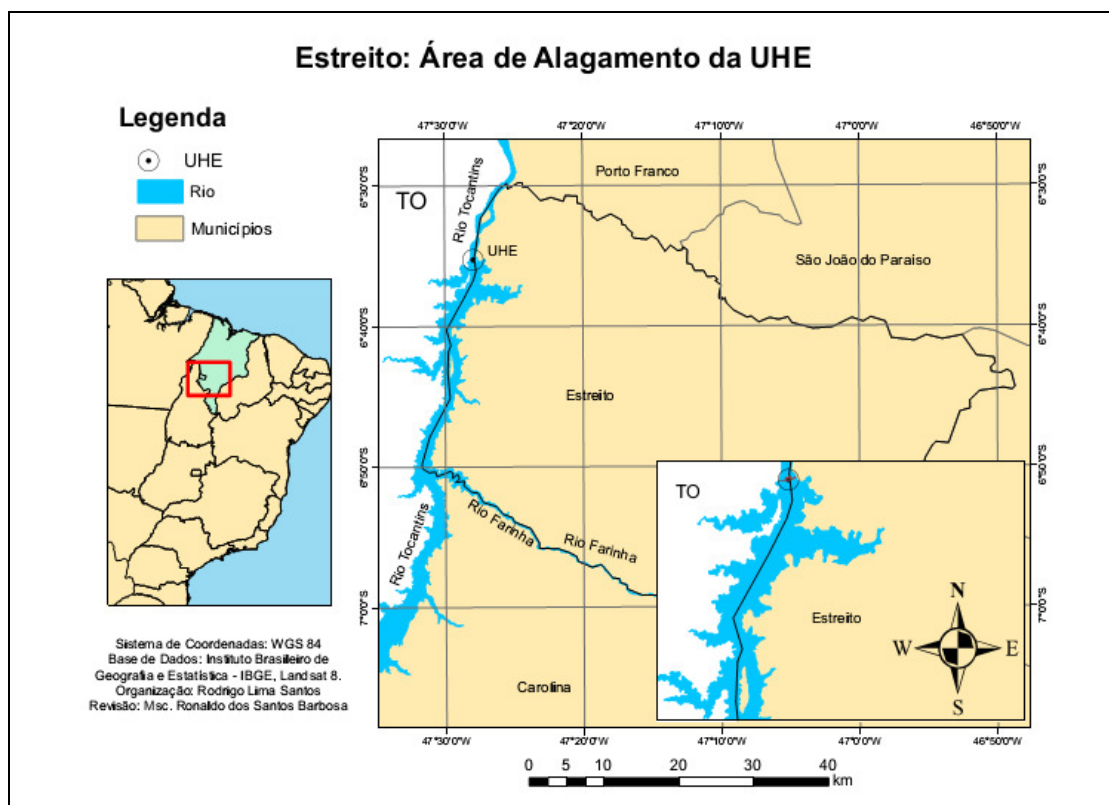


Figura 2. Mapa de Localização do Município de Estreito-MA com destaque para o lago da Usina Hidrelétrica.

Dessa forma, nas audiências públicas fizeram-se várias discussões sobre a importância da usina hidrelétrica para a cidade de Estreito-MA, onde os empreendedores argumentaram que: para a União, era importante aumentar o potencial energético para o crescimento econômico do país, para os Estados havia a necessidade de incrementar maior desenvolvimento e crescimento econômico regional e para os municípios seriam importantes as compensações em forma de impostos e benfeitorias patrocinadas pelo CESTE, bem como a

possibilidade de novos postos de trabalhos para os trabalhadores da região. Os vários questionamentos da sociedade civil contra a construção da UHE foram propostos a fim de verificar a atuação dos poderes constituídos no decorrer deste e de outros projetos político-econômicos.

Observou-se que havia necessidade de preparar a cidade para receber o enorme contingente de pessoas que viriam para trabalhar e morar na cidade, devido às ofertas de empregos disponibilizadas por causa da construção da usina hidrelétrica.

Sabe-se que a Estreito-MA não estava estruturada para receber esse grande número de novos habitantes, causando assim um impacto social e urbano bem acentuado para a cidade.

Nesse sentido, o principal desafio relacionado à implantação da UHE consiste na oferta de oportunidades e infraestrutura para grande parcela da população, que busca a inclusão social a partir da democratização e ampliação do acesso ao espaço urbano e a disponibilização de novas ofertas de empregos, moradia, serviços, etc.

Tal forma de proceder haveria de ensejar duas facetas, ambas fatais para a urbanização das cidades. De um lado, as autoridades assumiam posição da qual presumiam serem detentores da última verdade sobre a conveniência das ações urbanísticas, fato que, como o tempo veio a demonstrar, se revelou fantasioso e irreal. De outro, não foram ouvidos os apelos das comunidades, consideradas estas como grupamentos de mera passividade diante das medidas adotadas pelos governantes, circunstância que, a seu turno, gerou outra falsa presunção: a de que as ações urbanísticas estariam atendendo à real e efetiva demanda dos habitantes e usuários permanentes. (CARVALHO FILHO, 2013).

Diante disso, observa-se que qualquer processo, para que se considere democrático, reclama a participação popular, mediante a emissão de pareceres, opiniões, trocas de ideias, debates, tudo enfim, que permita captar o pensamento das comunidades, organizadas em associações, sindicatos, organização não-governamental, etc.

Nesse contexto, verifica-se um processo de mutação social provocado por fatores diversos que fazem com que as pessoas se desloquem da área rural e busquem espaços habitáveis nas cidades.

Faz-se necessário também conhecer o discurso e as justificativas do papel dos poderes constituídos, sua atuação no ordenamento espacial/territorial, especialmente as políticas públicas direcionadas à hidroeletricidade nos diferentes momentos políticos no Brasil a partir da última metade do século passado.

O discurso e as justificativas para a implantação da usina hidrelétrica na cidade de Estreito-MA, bem como sua importância no contexto da produção de energia hidrelétrica,

inicialmente, não foram bem entendidos ou aceitos por grande parte da população, porém tal fator não foi levado em consideração no processo de instalação do canteiro de obras na cidade de Estreito-MA.

A justificativa para a construção da hidrelétrica foi a crise ocasionada pelo apagão que ocorreu no final da década de noventa e as oportunidades de desenvolvimento econômico e a melhoria das condições sociais para a região Amazônica e os estados do Maranhão e Tocantins.

Fernandes (2006) aponta que havia uma expectativa muito grande da população de Estreito e dos municípios vizinhos com relação à chegada e implantação da usina hidrelétrica, entretanto, o autor afirma que para a população o progresso viria com mais oportunidades de emprego e geração de renda. Para a população o que importava naquele momento eram as oportunidades de trabalho e a geração de renda e não os impactos que tal empreendimento causaria futuramente.

Em entrevista concedida ao Boletim Informativo do CESTE o então prefeito de Estreito afirma:

É um investimento muito alto, que vai contribuir de forma significativa para a geração de renda no município de Estreito-MA. Temos a compreensão das nossas responsabilidades, assim como os empreendedores também tem. A usina hidrelétrica vai atrair novos investidores, que vão promover a distribuição de renda no município (CESTE, 2006).

Observa-se no depoimento do prefeito, a compreensão de suas responsabilidades enquanto gestor municipal e ao final da entrevista afirma que os novos investidores atraídos pela usina hidrelétrica farão a distribuição de renda no município. No sistema capitalista em que vivemos é difícil às empresas se preocuparem com a distribuição de renda, essa tarefa ainda cabe aos municípios, aos estados e à união.

Segundo o Secretário do meio ambiente do município de Estreito-MA, com a implantação do empreendimento viu-se um enorme crescimento no mercado imobiliário e com a chegada de novas empresas, um expressivo crescimento populacional, uma supervalorização do valor dos imóveis urbanos e rurais, o aumento significativo do valor de aluguéis, aumento do custo de vida em geral, sem falar no aumento da violência, da prostituição, uso de drogas, dentre vários outros problemas sociais, que até então a população não estava acostumada a enfrentar.

Com a construção da UHE o município de Estreito-MA, em especial a cidade, presenciou uma nova realidade em sua dinâmica interna com um grande fluxo de pessoas que se dirigiram para a cidade em função das ofertas de novas oportunidades de emprego, disponibilizadas pelo empreendimento o que acarretou maior dinamismo para o comércio local.

Todavia, cabe destacar que tais efeitos foram transitórios, ficando presentes somente as contradições embutidas com o empreendimento, pois existem muitos dos sujeitos impactados que tiveram seu cotidiano alterado em função da implantação da usina hidrelétrica, dado o fato desse empreendimento não ter correspondido com a grande expectativa que foi criada para população, fazendo com que tais sujeitos perdessem seus modos antigos de vida, tais como: cidade calma; praias no meio do rio; povo tranquilo; pescadores trabalhando; agricultores cultivando sua agricultura de vazante.

A cidade do Estreito-MA hoje é um município onde o processo de globalização chegou, exerceu o seu domínio e buscou lucrar o máximo possível, porém não foram criadas políticas públicas de manutenção dos empregos, para o bem-estar da população e para a saúde econômica do município.

Os atingidos pela construção da usina hidrelétrica

No município de Estreito-MA, grande parte da população atingida pelo lago da usina hidrelétrica residia na zona rural. Segundo Melo e Chaves (2012), o lago da barragem atingiu 44 imóveis rurais, desalojando cerca de 50 famílias. A área afetada corresponde cerca de 24%, incluindo a área construída correspondente à sede da usina (16,7%), mais as áreas inundadas (7,3%).

Considera-se relevante uma breve abordagem sobre o conceito de “atingido”. Para órgãos internacionais como International Financial Corporation (IFC), Banco Mundial e Comissão Mundial de Barragens, o conceito de atingido é bem mais abrangente, pois consideram “atingidos” não apenas os afetados pelas águas dos reservatórios, mas também as “pessoas que foram economicamente deslocadas”. Dentro dessa nova categoria incluem-se os pescadores que têm suas atividades consideravelmente reduzidas, agricultores que deixam de ter acesso à agricultura de vazante por causa do lago, esses se encontram na condição de deslocados econômicos, estando, portanto, na categoria de atingidos.

Com relação ao deslocado econômico, Vainer (2002) traz a seguinte contribuição:

O deslocado econômico é aquele resultante da interrupção de atividades econômicas mesmo sem qualquer conotação físico-territorial. Apenas como ilustração se poderia

citar também o pequeno comerciante que perde a clientela, ou o caminhoneiro que recolhia o leite de produtores que passam a não existir mais.

Os deslocamentos forçados das famílias das áreas historicamente ocupadas e indenizadas com valor simbólico causam não somente um impacto econômico, mas também social, cultural e emocional. Entender esse processo como mudança social implica, igualmente, considerar que existem dimensões não somente materiais. Existem perdas que são resultantes da própria desestruturação de relações prevalecentes, da eliminação de práticas, da perda de valores e recursos imateriais.

As comunidades atingidas por hidrelétricas sofrem antes, durante e após o processo da construção.

A emigração de suas casas para uma nova morada é um dos momentos que gera um dos dramas mais difíceis, em especialmente para a população idosa.

Diante do fato de verem suas raízes históricas e culturais devastadas de forma brutal, as lembranças ficam presentes nas histórias dos atingidos que carregam consigo os dias difíceis ou bons vividos em suas terras agora submersas pelas águas. Pessoas idosas, população urbana e rural, camponeses, povos com culturas tradicionais, não importa o grupo social e a sua localização geográfica, o resultado é sempre o mesmo.

É difícil enumerar a população atingida por barragens em inúmeros rios do território nacional. Imagina-se que sejam milhões de brasileiros deslocados pelas centenas de barragens construídas, em aproximadamente, 100 relacionadas à história das usinas hidrelétricas no Brasil. Cada atingido apresenta uma história de vida pretérita e futura ao empreendimento. Particularidades que nem sempre são respeitadas frente ao “progresso” que, em muitos casos, serve de justificativa ao discurso dos empreendedores.

O modo de vida daqueles atingidos pelas barragens sempre é modificado, perdem sua territorialidade e sua identidade com o seu lugar, ocorrendo a transformação da paisagem.

Esta migração muitas vezes torna-se um pesadelo e as pessoas ficam desiludidas, perdem a esperança de dias melhores. Em outros casos os moradores são forçados a emigrar, sendo praticamente expulsos do seu lugar, tendo que procurar novos caminhos. Com as suas terras indenizadas, são impelidos a abandonar o seu cotidiano para viverem em outros locais.

O Movimento dos Atingidos por Barragens (MAB) é um movimento social atuante, que luta a favor dos atingidos por barragens. Foi através do movimento que os atingidos pela usina hidrelétrica do Estreito organizaram diversas manifestações, que foram realizadas no decorrer de toda implantação da usina, para que fossem realizadas negociações coletivas e para reduzir as perdas provocadas pela construção.

Por exemplo, a marcha que foi realizada de Araguaína-TO para Estreito-MA, de 23 de setembro a 01 de outubro de 2010. Eram cerca de 600 atingidos participando da marcha, os atingidos queriam pressionar o CESTE, para que os indenizassem de uma forma melhor e reconhecessem seus direitos (Portal Justiça nos trilhos, 2010 [online]).

Com a presença do MAB e de outros movimentos sociais que estimularam e influenciaram nas escolhas dos locais dos assentamentos a serem escolhidos e sempre estiveram presentes na negociação individual e coletiva entre o empreendedor e os atingidos.

O Consórcio Estreito Energia (CESTE) adotou como forma de compensação pelas terras inundadas pelo lago da barragem, a carta de crédito como forma de indenização. Essa medida, provavelmente diminui os custos e as responsabilidades do empreendedor. No caso de Estreito-MA não foi apresentada uma área que atendesse às aspirações da comunidade atingida, cada atingido, quando indenizado, procurou individualmente, uma área para comprar e se realocar.

A indenização pela carta de crédito influenciou muitas famílias a optarem por escolherem em morar na área urbana. A cidade de Estreito-MA foi o destino de muitas famílias pelo seu destaque no contexto regional e por muitos dos atingidos terem familiares residindo nesta cidade. Embora alguns defendam a ideia de que com a construção da usina abriu-se um caminho eficiente para o alcance do desenvolvimento e do crescimento econômico regional, tal fato é questionado pelos sujeitos que foram diretamente atingidos pelo empreendimento. Estamos nos referindo aos atingidos, que tiveram suas propriedades invadidas pelas águas do reservatório e foram praticamente obrigados a venderem suas propriedades por um valor irrisório, abaixo do valor de mercado e deixaram para trás suas histórias de vida, seus locais de trabalho, seus antepassados e seus vizinhos.

Para Sieben (2012), as indenizações não pagam o valor sentimental do lugar, causando assim muitas decepções aos atingidos. Com certeza, o novo local de moradia não oferecerá as mesmas condições do local anterior, pois deixaram submersos pelas águas do lago, suas terras, suas casas, sua história, seus antepassados, enfim uma vida construída por muitas gerações.

Sabe-se que este afastamento de suas terras, instantaneamente, quase que compulsório, onde os vínculos familiares e de amigos que foram construídos ao longo da vida, são desfeitos rapidamente, para muitos desses moradores atingidos pelo lago, a partir de suas mudanças para outro local, inicia-se uma série de doenças, como depressão, diabetes, pressão alta, levando-os às vezes até a morte.

É importante analisar a visão do CESTE com relação às propriedades rurais que foram inundadas pelo lago, em um de seus boletins informativos foi apontado que as áreas inundadas eram ocupadas prioritariamente por atividades de subsistência, e que essas propriedades possuíam baixa tecnologia e baixa produtividade, já que os produtos eram consumidos na propriedade e que só vendiam o excedente em casos de doença de um membro da família. Mencionam ainda que muitas famílias viviam da agricultura de vazante e não do cultivo da terra em suas propriedades (CESTE, 2006). Observa-se em geral que tanto os gestores dos municípios vizinhos da usina hidrelétrica, quanto os representantes do CESTE ao se referirem aos danos ambientais, usam como pano de fundo sempre a questão econômica como forma de compensação, afirmando que o ganho econômico é sempre superior aos danos ambientais e sociais. Porém, o que se observa atualmente não é isso.

O município de Estreito-MA passou por um rápido momento de crescimento populacional e econômico, apenas durante a construção da usina hidrelétrica, hoje se vive um êxodo que atinge não só a população, mais principalmente os empresários, que vieram atraídos pela construção da usina, e hoje a atividade comercial não é mais atraente como antes.

Em observação realizada no centro da cidade o que vê são vários estabelecimentos fechados e casas com placas de venda e para aluguel, outro fato que chamou a atenção foi o de que boa parte da população está desempregada. Durante a construção da usina hidrelétrica um grande número de trabalhadores veio de diversas partes do país, em especial dos estados da Bahia (BA), Minas Gerais (MG), e Piauí (PI) e de outros lugares para trabalharem e constituíram família em Estreito-MA, logo resolveram morar na cidade e hoje formam um exército de desempregados, já que não houve políticas de permanência do emprego nem o aproveitamento da mão-de-obra existente na cidade após a construção da usina.

Caracterização do assentamento Braço Forte em Estreito-MA

O assentamento Braço Forte fundado em 20 julho de 1999 fica localizado nas proximidades da cidade de Estreito às margens do lago da barragem. Abriga 50 famílias cadastradas e cerca de 20 famílias agregadas, destas a maioria são famílias atingidas pelo lago da barragem.

São casas simples, construídas de alvenarias, quase todas sem reboco, sem pinturas, as ruas não são pavimentadas, não tem esgotos, algumas tem poços e antenas parabólicas. Observa-se que no geral o assentamento não tem o mínimo de infraestrutura, possui apenas pequenos comércios, ou mercearias, onde se encontra apenas o básico, ou seja, gêneros

alimentícios de primeiras necessidades, a maioria das compras, como móveis, eletrodomésticos e outras compras específicas, na cidade de Estreito-MA.

Com a construção do lago da usina 4 lotes de propriedades e a escola do assentamento foram alagados.

Como forma de compensação e para minimizar os efeitos danosos da construção da usina o CESTE construiu uma escola e uma unidade de saúde na vila do assentamento Braço Forte, para onde foram transferidos esses atingidos. A escola funciona em dois turnos (matutino e vespertino) com turmas da educação infantil ao 6º ano do ensino fundamental.

A escola conta com duas salas de aula e em cada sala funcionam duas séries, são dois quadros em cada sala e 2 professores. Essa realidade é comum nas escolas da zona rural do Maranhão, bem como em muitos municípios nordestinos.

Os agricultores atingidos pelo lago foram transferidos para o Assentamento Braço Forte, alguns compraram casas, chácaras para trabalhar com agricultura, criar gado e outros animais, começaram a adaptação, alguns se deram muito bem, outros não se adaptaram no local, tiveram muitas dificuldades para encontrar a área ideal para comprar e trabalhar, alegaram várias razões: preço, localização ou mesmo dificuldades de adaptação à nova moradia com a família.

A unidade de saúde do assentamento foi inaugurada em 01 de setembro de 2001, trata-se de uma unidade de atendimento básico, atualmente conta apenas com uma auxiliar de serviços gerais e um vigilante. Porém, segundo informação do presidente da associação de moradores, em breve será contratada uma técnica em enfermagem com residência no assentamento para atendimento diário à população, já que a equipe de profissionais que prestam serviços na unidade básica de saúde é constituída por um médico clínico geral e um dentista e que atende cerca de 20 pessoas uma vez por mês.

Com referência às atividades desenvolvidas no assentamento, observa-se uma diferença na prática das famílias que já residiam no local antes da construção da usina em relação às famílias atingidas. O grupo de moradores atingidos embora tenha recebido indenização pela terra ou benfeitorias nas áreas atingidas, não conseguiram manter o padrão de vida igual, ou semelhante, à época que moravam às margens do rio Tocantins.

Enquanto algumas das famílias deslocadas para o Assentamento Braço Forte, pela UHE, procuravam plantar, colher, tentar vender seus produtos agrícolas em Estreito-MA, outras famílias tiveram de procurar outros locais de moradia, visto que não se adequaram ao modo de vida do Assentamento.

A Unidade Básica de Saúde (Posto Médico) foi construída no Assentamento Braço Forte, como forma de compensação, para minimizar os efeitos danosos causados à população atingida pela construção da Usina Hidrelétrica do Estreito-MA, visto que foram desalojados da região ribeirinha e deslocados para o Assentamento Braço Forte.

A situação dos Pescadores das áreas ribeirinhas

Além dos trabalhadores rurais, dos barraqueiros da praia da cigana, os pescadores também tiveram suas atividades alteradas com a construção da usina. Pode-se citar a diminuição do pescado, seja pela mortandade constante dos peixes, seja pela definição da área de pesca livre, ou pela determinação do tamanho da malha das redes. Os pescadores vivem sob a fiscalização constante do IBAMA.

Embora o CESTE confirme algumas melhorias para os pescadores, observa-se que eles não estão contentes com a atual situação, pois antes da construção da usina o pescado era mais abundante e não havia delimitação de espaços proibidos para a pesca e só havia fiscalização no período da piracema.

Os pescadores afirmam ainda, que suas embarcações eram deixadas em local próximo de suas residências e não havia perigo de serem roubadas.

Hoje, com a construção do lago, esses pescadores foram desalojados e tiveram de ~~que~~ morar longe do local de pesca, ficando suas embarcações à mercê dos ladrões que, com frequência, roubam as embarcações e os instrumentos de pesca.

Como forma de compensação para minimizar os danos causados pela construção da usina, o CESTE construiu para os pescadores uma sede para a cooperativa onde funciona um escritório, câmara fria, com secretária, telefone, internet, para atendimento aos associados da cooperativa dos pescadores.

Percebe-se uma nítida contradição, apesar da UHE ter disponibilizado várias ferramentas de trabalho, como forma de compensação aos pescadores, com a criação do lago, os pescadores não estão nada contentes e reclamam da diminuição drástica do pescado, pois antes da construção do lago, da barragem, todos pescavam o suficiente para sustentarem suas famílias.

A Pesca era uma atividade que fazia parte do cotidiano de muitas famílias, hoje somente alguns pescadores ainda insistem em pescar. Segundo informações dos membros da cooperativa de pescadores, atualmente é comum saírem para o rio e não pescarem nem 20 quilos de peixe, pois os peixes na área do lago foram dizimados, os que não morreram pelo

choque ou pressão com o funcionamento das turbinas morrem por causa da eutrofização da água em função da alta carga de matéria orgânica resultante do processo de decomposição da vegetação alagada e da sedimentação.

Segundo informações expostas no portal do Jornal Folha do Bico, a maior mortandade de peixes ocorreu em 20 de abril de 2013, quando dezenas de toneladas de peixes mortos foram retirados do rio Tocantins, na região do lago da usina hidrelétrica (BOGEA, 2013). Embora a cooperativa de pescadores tenha chamado a imprensa, provocado manifestações, denunciado ao Ministério Público (MP), mesmo assim o CESTE nada fez para compensar o dano ambiental causado, não compensou financeiramente os pescadores, já que sua fonte de renda é a pesca.

Sabe-se que o empreendedor também não se preocupou em aplicar medidas preventivas no sentido de prevenir ou evitar essas sequências de mortandades de peixes, uma vez que o CESTE tem toda estrutura montada nesta área, inclusive grupos de pesquisadores, como: biólogos, geólogos, engenheiros de pescas e outros pesquisadores, com barcos equipados, aptos a buscarem meios para se aplicar medidas preventivas no sentido de evitar tamanho desequilíbrio ecológico, e minimizar os prejuízos para o meio ambiente e para aqueles que vivem da pesca.

O barco de pesquisa do CESTE que fica ancorado nas proximidades da cooperativa dos pescadores é utilizado por uma equipe de biólogos, geólogos, engenheiros de pesca e outros pesquisadores, para verificar a qualidade, a quantidade e o volume dos peixes, fazendo orientações aos pescadores para o melhor manejo nas áreas de pescarias, bem como realizam fiscalizações em determinados períodos, como por exemplo, na época da piracema, não permitindo que sejam capturados peixes fora do padrão.

Praias de aluvião às praias artificiais

Até a época da construção da usina as praias existentes no município de Estreito-MA eram resultantes de depósito de areias transportadas pelo rio Tocantins no período de cheia. Esses depósitos são conhecidos como praias de aluvião. Uma das praias mais famosas do município era a praia Ilha da Cigana. Com a construção da usina a praia foi totalmente submersa a partir da formação do lago artificial da usina hidrelétrica do Estreito no primeiro trimestre de 2011.

Como forma de compensação pelo desaparecimento da praia que foi submersa pelo lago, o CESTE construiu uma praia artificial que recebeu o nome de Praia da Cigana e conta atualmente com uma boa estrutura, é um diferencial para as pessoas que trabalham na praia,

pois ela fica aberta aos banhistas o ano todo, diferentemente das praias de aluvião que só ficavam abertas no período de estiagem, ou seja, de junho a setembro de cada ano.

A praia da Cigana atualmente conta com acesso fácil, placas de sinalização, foram construídas cerca de 10 barracas, todas com uma boa estrutura e higienização, quadra de vôlei de areia, quadra de futebol de areia, banheiro masculino e feminino, além de um banheiro para deficientes físicos, palco para shows, área de lazer infantil e uma academia com alguns aparelhos para a realização de exercícios. Nos finais de semana, quando o número de banhistas é maior, a praia conta com auxílio da polícia militar e do corpo de bombeiros.

A praia artificial criada pelo CESTE tem estrutura, fácil acesso, pode ser frequentada por adultos, crianças, pessoas portadoras de deficiência, e tem estrutura para todos os visitantes.

A praia é frequentada por famílias de outras cidades, banhistas, turistas e por aqueles que têm curiosidade de conhecer uma das praias mais famosas na região do lago da usina, localiza-se próximo à Chapada das Mesas, rumo à Pedra Caída, na região de Carolina-MA, um dos circuitos turísticos mais visitados do estado do Maranhão.

Segundo os barraqueiros da praia da cigana, a situação melhorou bastante, em especial a estrutura, segurança e acessibilidade. Todas as barracas possuem instalação elétrica, água encanada, banheiro interno e uma cobertura de palha com mesas rústicas para melhor servir aos visitantes.

Mudanças no padrão de uso do solo de 1990 a 2013

As mudanças no padrão do uso do solo no município de Estreito entre os anos de 1990 e 2013 estão nas Tabelas 2 e 3. O cenário de 1990 representa uma dinâmica e as características do solo no município antes do empreendimento da usina e o cenário de 2013, reflete a realidade atual da área, posterior à implantação da usina hidrelétrica.

Analisando a Tabela 2, verifica-se que a utilização do uso do solo, no município de Estreito-MA no ano de 1990, apresentava a vegetação natural recobrimo uma área de 1.425,64 km², totalizando 52% da área do município, já a vegetação secundária tinha uma área de 1.074,19 km², perfazendo 40% da área de solo naquele ano, ao passo que a área utilizada para agropecuária era de apenas 28,13 km², cobrindo somente 1% da área do município. Por outro lado, observa-se que a área de solo exposto era de 152,71 km², totalizando 6% de área, já a área de corpos d'água tinha só 37,09 km², com apenas 1% da área do município.

Tabela 2. Ocupação do uso do solo no ano 1990 no município de Estreito-MA.

<i>Classes</i>	<i>Uso do Solo</i>	
	(km ²)	(%)
Vegetação Natural	1.425,64	52
Vegetação Secundária	1.074,19	40
Agropecuária	28,13	1
Solo Exposto	152,71	6
Corpos d'água	37,09	1
TOTAL	2.719,00	100

Na Tabela 3 observa-se que o cenário de 2013 apresenta mudanças como reduções nas áreas ocupadas com vegetação natural e secundária e o aumento gradativo da área do solo utilizado pela agropecuária, aumento nas áreas com solos erodidos e de proteção permanente a partir do cenário de 2013.

Tabela 3. Ocupação do uso do solo no ano 2013 no município de Estreito-MA.

Classes	Uso do solo	
	(km ²)	(%)
Vegetação natural	1.097,05	40
Vegetação secundária	214,67	8
Agropecuária	1.076,32	40
Solo exposto	280,75	10
Copos d'água	50,21	2
Total	2.719,00	100

Comparando os resultados das Tabelas 2 e 3 observa-se uma ligeira redução nas áreas de vegetação natural de 52 para 40% e vegetação secundária de 40 para 8%, percebe-se também que houve um expressivo aumento nas áreas de solo utilizado para agropecuária que passou de 1 para 40%, erodidos de 6 para 10% e nos corpos d'água de 1 para 2% entre os anos de 1990 a 2013.

Estas alterações foram ocasionadas pela retirada das vegetações naturais e secundárias para a plantação de soja, formação de pastagens e retiradas de árvores para a produção de carvão.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da construção da referida obra, foi possível observar uma mudança na dinâmica interna da realidade do local a partir do fluxo e aumento de pessoas circulando na cidade em busca de oportunidades de empregos, acarretando maior dinamicidade ao comércio local.

Em relação aos impactos, cabe destacar que os efeitos sociais e econômicos provocaram muitas alterações no seu cotidiano, chegando até mesmo a modificar o estilo de vida de alguns moradores, principalmente, o das populações atingidas.

Os principais impactos surgiram a partir da criação do lago da usina, inundando as propriedades rurais, de maneira a cobrir a vegetação, fazendo desaparecer as praias de aluvião, causando a morte de muitos peixes, animais silvestres, provocando esses e outros impactos ambientais, principalmente aos agricultores que foram deslocados para o Assentamento Braço Forte, os barraqueiros da praia ilha da Cigana que mudaram para uma praia artificial e os pescadores que tiveram suas atividades alteradas consideravelmente.

Foram identificados três principais tipos atingidos com as observações in loco, inicialmente foram visitados os agricultores do assentamento Braço Forte local para onde foram transferidas as famílias atingidas pelo lago, onde se encontram a escola e o posto de saúde construídos pelo CESTE, como compensação pelas perdas de seus locais de trabalho e moradia em face da criação do lago, já que este inundou suas áreas ribeirinhas. Em seguida, foram feitas visitas aos barraqueiros da praia artificial, criada pelo CESTE, como forma de compensação pelo desaparecimento da praia ilha da Cigana (praia do meio do rio), resultante de depósitos de areia transportada naturalmente pelo rio Tocantins.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOGEA, Hiroshi. Peixes continuam morrendo no entorno da Usina de Estreito.

Jornal do Bico. Augustinópolis-TO, abril, 2013. Disponível em: <<http://www.folhadobico.com.br/20/04/2013/peixes-continuam-morrendo-no-entorno-da-usina-de-estreito.php>>. Acesso em: 20 jun. 2013.

CARVALHO FILHO, José dos Santos. **Comentários ao estatuto da cidade.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2013.

CESTE. Consórcio Estreito de Energia. Disponível em: <http://www.uhe-estreito.com.br/ver_secao.php?session_id=73>. Acesso em: 20 jun. 2013.

CESTE. Consórcio Estreito de Energia. Notícias. O Encanto das águas: a construção da hidrelétrica não vai atingir as cachoeiras de Carolina. **Boletim Informativo.** Ano III. mar./abr. 2006.

FERNANDES, Francisco Nildomar. **Desenvolvimento Sustentável na Implantação da Usina Hidrelétrica de Estreito.** Monografia de Conclusão de Curso (Graduação em Administração). Faculdade de Imperatriz. Imperatriz, 2006.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 15 jun. 2013.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada. Censo Data 2013. Disponível em: <www.ipeadata.gov.br>. Acesso em: 17 jun. 2013.

MELO, Nara Lopes de CHAVES, Patrícia Rocha. A Construção da Usina Hidrelétrica de Estreito e o Processo de Territorialização. Movimento de Atingidos por Barragens – MAB. In: Encontro Nacional de Geografia Agrária, 21, 2012, Uberlândia, MG. **Anais...** Uberlândia-MG: UFU, 2012.

SIEBEN, Airton. **Estado e Política Energética**: a desterritorialização da comunidade rural de Palmatuba em Babaçulândia (TO) pela Usina Hidrelétrica Estreito. 2012. 204 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia-UFU-MG, Uberlândia-MG, 2012.

VAINER, C. Águas para vida. **Jornal do Brasil**, de 4 de abril de 2000.

Fitoextração de Chumbo pelo Amendoim Forrageiro (*arachis pintoi*, krapov. & greg.) em Duas Classes de Solos

Josy Karla de Oliveira Santos ⁽¹⁾

Ana Aparecida da Silva Almeida ⁽¹⁾

INTRODUÇÃO

Uma das consequências do desenvolvimento urbano e industrial é o enriquecimento dos ecossistemas com substâncias tóxicas, particularmente metais, que além de contaminarem o ambiente, à medida que são transferidos ao longo dos níveis tróficos se acumulam, causando malefícios à saúde humana. Alguns metais, como o ferro (Fe) e o manganês (Mn), são elementos essenciais às plantas, mas outros como o cádmio (Cd) e o chumbo (Pb) são tóxicos ou potencialmente tóxicos. O Pb está presente no ambiente como resultado de processos naturais de intemperismo, mas também pela deposição de material particulado proveniente de emissões de veículos automotores e de chaminés das indústrias (SILVA et al., 2013). Segundo a agência americana de riscos nocivos e doenças relacionadas com a substâncias tóxicas, o Pb é a segunda substância mais nociva a saúde humana (ATSDR, 2013).

No solo o Pb é persistente e pouco móvel, pois reage com a matéria orgânica, óxidos, hidróxidos, carbonatos, sulfatos e fosfatos, podendo ser precipitado, o que dificulta a sua absorção pelas raízes das plantas. Somente o Pb trocável na solução do solo pode ser absorvido pelos vegetais (GRATÃO et al., 2005; LASAT, 2000). Para solos do estado de São Paulo o valor de referência de qualidade do para Pb é de 17 mg kg⁻¹ (CETESB, 2005), sendo que valores acima de 180 mg kg⁻¹ já indicam a existência de riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana, considerando um cenário de exposição padronizado (CONAMA, 2009). Silva et al. (2013) relataram a ocorrência de Pb em solos entre as cidades de São José do Campos e Taubaté, que se destacam pela quantidade de indústrias existentes, nessa região do Vale do Paraíba Paulista.

⁽¹⁾ 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: anaparecida.almeida@gmail.com

Os teores do metal presentes no tecido vegetal da parte aérea e da raiz constituem um importante indicador do grau de tolerância da planta e consequentemente seu potencial de para ser usada na remediação de áreas contaminadas por metais pesados. Plantas com habilidade em acumular metais são indicadas para a remediação de áreas contaminadas, sendo chamadas de fitoextratoras (LASAT, 2002).

A fitoextração é um tipo de fitorremediação que é praticada em várias partes do mundo, utilizando-se plantas que absorvem e acumulam metais na matéria seca, como por exemplo, as plantas de clima temperado *Polygonum sachalinense*, *Thlaspi*, *Alyssum* e *Chenopodium*, que são acumuladoras de metais (RULKENS et al., 1995). Outras plantas eficientes em acumular metais são a *Sinapis alba* e *Brassica juncea*, o girassol, o milho, o amendoim e o brócolis (ACCIOLY e SIQUEIRA, 2000).

A fitorremediação é uma opção para promover a desintoxicação do local ou a remoção de elementos contaminantes do solo (ACCIOLY; SIQUEIRA, 2000) e dessa forma para alcançar a remediação de áreas contaminadas dispensando o uso de outras tecnologias que envolvem processos químicos ou físicos que são, em geral, tecnicamente difíceis e de custos elevados.

Para o Pb ainda não há indicativos de uma planta com potencial fitoextrator. O amendoim forrageiro, *Arachis pintoi*, é uma leguminosa com alta taxa de crescimento e produção de biomassa, sendo de fácil aquisição no mercado comercial, bem como de fácil ou propagação por estaquia e resistente a pragas e doenças. De fácil colheita, é planta tolerante à alta saturação de alumínio e acidez do solo, além de apresentar adaptação a solos com má drenagem, que podem ficar inundados por algum período do ano (FERNANDES et al., 1992; PIZARRO et al., 1992).

Considerando a característica industrial do Vale do Paraíba, torna-se importante a realização de estudos para verificar o potencial fitoextrator de plantas que possam metabolizar este contaminante. Dessa forma, este trabalho tem como objetivo avaliar o desenvolvimento do amendoim forrageiro na presença de chumbo (Pb) e seu potencial fitoextrator para esse metal pesado, em dois tipos de solos (Gleissolo e Latossolo), tendo em vista que, ambos os solos apresentam características que os diferem, sendo necessária no desenvolvimento desse trabalho a verificação de atributos para a presença e ausência de chumbo (Pb) em cada uma dessas classes de solos em estudo, que são característicos dessa região do estado de São Paulo.

Com base no exposto, neste capítulo apresentamos os resultados verificados no desenvolvimento do Amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*, Krapov. & Greg.), em doses

crescentes de chumbo (Pb) e o potencial fitoextrator para esse metal pesado, em duas classes de solos característicos do Vale do Paraíba.

DESENVOLVIMENTO

Origem dos metais pesados e o chumbo no solo

A origem dos metais presentes no solo pode ser litogênica ou antropogênica. Na origem litogênica, os metais ocorrem como constituintes de minerais primários em rochas ígneas ou em rochas sedimentares. Já a introdução de metais pesados no solo pelo homem é denominada fonte antropogênica e trata-se da principal forma de poluição, sendo que os mais altos teores de metais encontrados na superfície do solo são normalmente devido a esta ação antropogênica (DOMINGUES, 2009). Com base nas alterações do solo ocasionadas pelo homem em suas atividades de produção, as principais fontes de contaminação do solo por metais pesados são: indústrias de fertilizantes, lodo de esgoto, combustíveis fósseis, indústrias metalúrgicas, de eletroeletrônicos, mineração, química e descarte de resíduos (ALLOWAY, 1995; COSTA et al., 2006).

No decorrer da história, esta contaminação foi se tornando cada vez mais acentuada, principalmente com a Revolução Industrial e o processo de organização, porém isso se acelerou, alcançando índices alarmantes, principalmente a partir do século XX. Esse acúmulo de metais pesados deve-se principalmente ao fato de serem bastante estáveis na natureza e passíveis de serem acumulados no solo, nas plantas, nos sedimentos e nos sistemas biológicos (COSTA et al., 2006). Outro fator que deve ser considerado é a conservação dos metais pesados nos ambientes em geral, uma vez que eles não sofrem degradação, pois são poluentes elementares. Assim, uma vez que não são transportados, permanecem no solo, acumulando-se indefinidamente. Tal concentração de metais, porém, não é a causa direta da periculosidade, pois esta depende da distribuição das formas com que são encontrados. Ou seja, o teor total do metal encontrado no solo distribui-se em frações de comportamento diferenciado, de acordo com a forma de ocorrência e a mobilidade dos íons (ANDRADE et al., 2008). A disponibilidade dos metais pesados para a absorção das raízes está relacionada com o processo de solubilização desses metais presentes na fase sólida do solo, dependendo então da formação de complexos solúveis entre metais e ácidos orgânicos liberados na rizosfera (IRIE et al., 2008). Diferenças na liberação de H^+ ou OH^- na região da rizosfera estão relacionadas ao balanço do total de íons absorvidos que varia entre as espécies vegetais (BRACCINI et al., 2000).

O chumbo (Pb) tem número atômico 82, massa atômica 207,19 u e densidade 11,4g cm⁻³, pertencendo ao grupo dos chamados metais pesados. É o metal pesado que oferece maior risco de envenenamento para os seres humanos (ATSDR, 2013). Silva et al. (2013) observaram em Latossolo Vermelho Amarelo, que o Pb tende a se acumular superficialmente no solo, diminuindo sua concentração ao longo do perfil. A disponibilidade de Pb para as raízes das plantas diminui com a calagem, sendo que em pH menor que 6, os complexos orgânicos de Pb se tornam mais solúveis e podem lixiviar (RULKENS et al., 1995).

Quando se trata da presença de chumbo no solo, o excesso desse contaminante no meio pode resultar em diversos sintomas de toxicidade em plantas onde se destaca a redução do crescimento, a inibição da fotossíntese, a alteração de balanço nutricional e o balanço hídrico dentre outros. Mesmo em baixas concentrações o Pb pode causar sintomas de toxidez às plantas. Os mais comuns são inibição da divisão celular e desequilíbrio hídrico, nutricional e hormonal, refletindo em clorose, diminuição da área foliar, da fotossíntese e da produção de biomassa (SHARMA e DUBEY, 2005).

Remediação de áreas com presença de metais pesados

Para minimizar os impactos negativos causados ao meio ambiente resultante da contaminação com metais pesados, operações tecnológicas podem ser realizadas com base em metodologias físicas, químicas e físico-químicas, como por exemplo, a queima para volatilização do contaminante, a lixiviação ácida/alcalina, a lavagem do solo com surfactantes, a precipitação de metais, o uso de membranas de troca iônica, a adsorção em carvão ativado etc. Esses tratamentos têm em comum custos elevados de operação para a maioria dos poluentes, além de não existirem tecnologias de implementação fácil (OLIVEIRA et al. 2005). Dentre as tecnologias para remediação de solos contaminados, destacam-se a biorremediação e a fitorremediação como opções para promover a desintoxicação do local (ACCIOLY e SIQUEIRA, 2000).

A fitorremediação emprega plantas objetivando remover ou transferir elementos nocivos. Trata-se de uma técnica viável, relativamente barata se comparada a outras formas de remediação, tornando-se uma alternativa aos tratamentos convencionais de remoção física da camada contaminada do solo, ou bombeamento e tratamento de águas. Essa técnica pode ser empregada em grandes áreas contaminadas, permitindo a realização de tratamento *in situ*, sendo este menos agressivo ao meio ambiente. Com relação ao metal pesado, a fitoextração pode ser empregada na recuperação de solos contaminados, utilizando plantas para remover o contaminante do meio (MARQUES, 2009).

A fitorremediação do solo é caracterizada não somente pela redução da contaminação do solo, mas também da água que se acumula nele. Esse processo de remediação começa pelo cultivo de plantas nos locais contaminados, prosseguindo, em alguns casos, na colheita (CRUVINEL, 2009). Como qualquer outro processo de remediação, o uso de plantas destina-se à redução dos teores de contaminantes a níveis seguros e compatíveis com a proteção à saúde humana, ou a impedir/dificultar a disseminação de substâncias nocivas ao ambiente. Mas, diferentemente de algumas outras tecnologias consideradas convencionais, a fitorremediação apresenta grande versatilidade, podendo ser utilizada para remediação de meio aquoso, ar ou solo, com variantes que dependem dos objetivos a serem atingidos. (ANDRADE et al., 2008). Segundo Andrade et al. (2008) a técnica de fitorremediação envolve mecanismos de:

- a) Fitoextração: após a absorção do poluente contido no meio, ocorre o armazenamento no tecido vegetal, o que facilita o descarte do material.
- b) Fitotransformação ou Fitodegradação: o poluente sofre bioconversão no interior das plantas ou em sua superfície, passando a formas menos tóxicas (catabolismo ou anabolismo).
- c) Fitovolatilização: o poluente é absorvido e convertido em forma volátil, que é liberada na atmosfera.
- d) Fitoestimulação: a presença das plantas estimula a biodegradação microbiana mediante exsudatos radiculares e/ ou fornecimento de tecidos vegetais.
- e) Fitoestabilização: o poluente é imobilizado por meio de sua lignificação ou humificação.

Para Tavares (2009), as principais vantagens da fitorremediação são (1) o baixo investimento em capital e de operação, já que usa como fonte de energia a luz solar; (2) aplicável in situ; (3) aplicável à grande variedade de poluentes, podendo remediar vários contaminantes simultaneamente, incluindo metais, pesticidas e hidrocarbonetos; (4) técnica esteticamente bem aceita pela sociedade, limitando as perturbações ao meio ambiente se comparado a outras tecnologias, pois evita tráfego pesado e escavações; (5) plantas são facilmente monitoradas; (6) aplicável a áreas extensas, onde outras tecnologias são proibitivas; (7) acarretam em melhoria da qualidade do solo, no que diz respeito as suas características físicas e químicas, já que aumentam a porosidade, a infiltração de água, fornecem e reciclam nutrientes, além da prevenção da erosão. Outra vantagem é que a fitorremediação se torna melhor ao longo do tempo, com o crescimento mais profundo e mais denso das raízes, maior transpiração de água e crescimento mais viçoso da parte aérea (SCHNOOR, 2002).

O uso da fitorremediação apresenta restrições, desvantagens e riscos que devem ser levados em conta quanto à sua aplicação. Se o baixo custo é uma vantagem, o tempo para que se observem os resultados pode ser uma desvantagem, pois em muitos casos são necessários vários ciclos de cultivo para atingir o objetivo desejado. Além disso, a concentração do poluente e a presença de outras toxinas devem estar dentro dos limites de tolerância da planta. Essa técnica, ainda, depende da estação, do clima e do solo, envolvendo o adequado fornecimento de água e nutrientes, além de textura do solo, pH e salinidade (ANDRADE et al., 2008). Outro importante fator que deve ser avaliado em um projeto de fitorremediação é a necessidade futura de disposição final da massa vegetal produzida ao longo do projeto. Nesse sentido, é preciso considerar que, em decorrência do crescimento da vegetação, também ocorre o aumento da massa de material envolvida na remediação do solo ou da água. Dependendo do processo de fitorremediação adotado, devem ser removidas diferentes quantidades de biomassa do sistema. Considera-se também que os sistemas relativamente permanentes que se amparam na estabilização de vegetação madura não requerem remoções periódicas de biomassa. Destaca-se o fato de serem realizadas coletas periódicas nos processos de fitoextração ou rizoextração (CRUVINEL, 2009).

A técnica da fitoextração utiliza plantas hiperacumuladoras, aquelas que são capazes de extrair o metal do solo e acumular quantidades elevadas do metal no tecido da parte aérea (PILON-SMITH, 2005; SARMA, 2011). Além de apresentar elevada capacidade de acumular o poluente na parte aérea, outras características vegetais também são essenciais para o sucesso da fitoextração, como por exemplo: a planta deve ter a capacidade de crescer fora do seu local de origem, com crescimento rápido, elevada produção de biomassa, acumular mais de um metal, ser de fácil colheita (JABEEN et al., 2009; SETH, 2008) e possuir fator de transferência (FT) e de bioacumulação (FB) maior que 1 (MIN et al., 2007). Esta fitorremediação de metais somente é eficiente se o contaminante for depois removido da área, através da colheita da matéria vegetal. Se a maior parte dos metais pesados absorvidos se localizarem na parte aérea das plantas, a colheita poderá ser realizada utilizando os métodos de agricultura tradicionais. Em geral, a colheita das plantas deve ocorrer antes da queda das folhas, ou antes, da sua morte e decomposição, de modo a que os contaminantes não se dispersem ou retornem ao solo (BATISTA, 2013). Depois da colheita, a biomassa deverá ser processada para extração e recolha da maior parte dos metais. Se forem solos contaminados com Pb, Ni, Zn, Cu ou Co, o valor do metal extraído pode incentivar a remediação. Alternativamente, o volume ou o peso da biomassa podem ser reduzidos por meio de processos térmicos, físicos, químicos ou microbianos. No caso da queima do material vegetal

colhido, por exemplo, a energia produzida representa uma valorização econômica do processo. E as cinzas podem ser tratadas como um minério, do qual pode ainda ser extraída a contaminação metálica (especialmente, se as cinzas estiverem enriquecidas em apenas um ou dois metais) (NALON, et al. 2008). A produção de biomassa associada à absorção e transporte do contaminante é ponto chave na escolha da espécie a ser utilizada em processos de fitoextração, pois a alta concentração de um metal na matéria seca da planta, não significa necessariamente que tal planta foi eficiente em extrair o metal do solo, pois a extração do metal está diretamente relacionada com a quantidade de matéria seca produzida pela planta.

O amendoim forrageiro

O amendoim forrageiro, (*Arachis pintoi*, Krapov. & Greg.), pertencente à família *Fabaceae*, é uma leguminosa herbácea perene, de crescimento rasteiro, hábito estolonífero, prostrado e lança estolões horizontalmente em todas as direções em quantidade significativa, cujos pontos de crescimento são bem protegidos do pastejo realizado pelos animais. Adapta-se bem em solos de baixa a média fertilidade e tolera aqueles com alta saturação de alumínio (ácidos), porém responde bem à calagem e adubação fosfatada. É uma leguminosa de porte baixo, dificilmente ultrapassando 30-40 cm de altura, possui raiz pivotante, que pode alcançar 1,60 m de profundidade. As hastes são ramificadas, circulares, ligeiramente achatadas, com entrenós curtos e estolões que podem chegar a 1,5 m de comprimento. A planta floresce várias vezes ao ano, geralmente entre a 4ª e 5ª semana após a emergência das plântulas. Em condições de sombreamento, as plantas apresentam crescimento mais vertical, com maior alongamento do caule, maior tamanho e menor densidade de folhas (LIMA et al. 2003).

O amendoim forrageiro é uma espécie de exploração nacional recente, com maior difusão na região norte e centro-oeste, enquanto que na região sul brasileira vem se destacando a “cultivar”. Alqueire-1, desenvolvida para resistir ao frio. Apresenta produção de forragem e persistência satisfatória, além disso, a característica de alta qualidade, constatada pelo incremento da produção animal em função de bons conteúdos de proteína bruta e digestibilidade, tem tornado o amendoim forrageiro uma das melhores alternativas de alimentação com menor custo. Sobretudo é uma nova opção forrageira em pastejo consorciado, o que pode ser uma atividade bastante rentável em termos produção de feno e de sementes (NASCIMENTO, 2006).

Tipos de solos característicos do Vale do Paraíba

Os latossolos constituem o grupamento de solos de maior expressão geográfica no território brasileiro. Têm sido intensamente estudados ao longo dos anos, mas algumas dúvidas de caráter básico ainda persistem sem solução, como é o caso do desenvolvimento de sua estrutura (EMBRAPA, 2009). Com grande potencial para agricultura, os latossolos, entretanto apresentam limitações quanto à fertilidade, como a presença de mais de 95% de sua área com características distróficas e níveis de pH entre 4,8 e 5,2, indicando a típica condição ácida desses solos (AZEVEDO et al., 2007). Aliado a estas limitações, destaca-se o uso de sistemas de manejo convencional caracterizados pelo revolvimento intensivo do solo, favorecendo a intensificação dos processos de erosão e compactação, diminuindo sua qualidade. Estes solos são encontrados no Paleovale do Paraíba do Sul nas áreas mais baixas das vertentes das Serras da Mantiqueira e do Mar compreendendo boa parte dos municípios localizados no Vale do Paraíba em regiões com relevos que vão de suavemente ondulado a ondulado em altitudes que variam de 500 a 1000m o que favorece a infiltração da água nesses solos e sua evolução. São derivados preferencialmente de rochas como granitos e gnaisses e possuem uma transição entre os horizontes gradual ou difusa o que os torna menos erodíveis à ação erosiva das chuvas (MOURA, 2006).

Os gleissolos, por sua vez, encontram-se permanente ou periodicamente saturados por água, salvo se artificialmente drenados. A água permanece estagnada internamente, ou a saturação é por fluxo lateral no solo. Em qualquer circunstância, a água do solo pode se elevar por ascensão capilar, atingindo a superfície. Caracteriza-se pela forte gleização, em decorrência do regime de umidade redutor, virtualmente livre de oxigênio dissolvido em razão da saturação por água durante todo o ano, ou pelo menos por um longo período, associado à demanda de oxigênio pela atividade biológica (EMBRAPA, 2009).

De acordo com o Mapa Pedológico do Instituto Agrônomo de Campinas-IAC (1999), as áreas da Bacia Sedimentar de Taubaté desde Jacareí até Cachoeira Paulista acompanhando o Vale recente do Paraíba do Sul foram classificadas como de Gleissolos (Húmicos e Hidromórficos Cinzentos), devido ao fato dessa área estar associada a áreas de aluviões (depósitos de calhas e terraços) com relevo de plano até suavemente ondulado, a níveis topográficos entre 400 e 500m. Possui uma drenagem insuficiente ou imperfeita acentuada nos períodos de chuva com o constante encharcamento das áreas de várzea (MOURA, 2006). Os latossolos são excelentes para as atividades agropecuárias, são planos, profundos e apresentam boa estrutura física. Entretanto, existem alguns fatores que podem ser limitantes para a boa produtividade, entre eles, está a deficiência de nutrientes, devido ao tipo

de material de origem e ao baixo teor de matéria orgânica presentes nesse solo. Enquanto o gleissolo apresenta característica dominante, que é a má drenagem ou hidromorfismo, aqueles situados em terraços ou níveis mais elevados (várzea alta) podem apresentar-se melhor drenados. O conhecimento das variações provocadas pelo uso do solo nos atributos químicos constitui um importante passo para que se possa empregar um manejo mais adequado e contornar possíveis limitações advindas da utilização (SOUSA e LOBATO, 2004).

Local e metodologia

O experimento foi realizado em viveiro telado na Fazenda Piloto do Departamento de Ciências Agrárias, Universidade de Taubaté, localizado nas coordenadas geográficas 23° 02' S, 45° 30' W e 577 m.

Os tratamentos foram dispostos em delineamento inteiramente em esquema fatorial 2x3 (duas classes de solos x três doses de Pb). Foi avaliada a alteração do pH da rizosfera, a capacidade do amendoim forrageiro (*Arachis pintoii* Krapov. & Greg.) em absorver Pb adicionado a amostras de latossolo (L) e gleissolo (G) nas doses 0, 150 e 300mg kg⁻¹. Os tratamentos foram repetidos cinco vezes, perfazendo um total de 30 unidades experimentais.

As amostras de solo utilizadas foram coletadas na Fazenda Piloto da Universidade de Taubaté, o gleissolo foi coletado em região de várzea próximo ao rio Una, e o latossolo em área próximo ao viveiro telado, à profundidade de 40 cm da superfície do solo. Depois as amostras de solos foram colocadas para secar ao ar, homogeneizadas e passadas em peneira de 2,0 mm de malha. Os solos utilizados no experimento não receberam qualquer tratamento corretivo (adubação e calagem), no início e no decorrer do experimento, reproduzindo as mesmas condições em que os solos se encontravam no ambiente natural. Essas amostras de solo foram colocadas em caixas plásticas com dimensões 10,5 cm x 10,5 cm x 3,5 cm, com capacidade de 800g de solo em cada. Posteriormente as caixas tiveram uma de suas laterais removidas, de forma que ao realizar o plantio as raízes das mudas de amendoim forrageiro ficaram expostas a essa extremidade. As mudas de amendoim forrageiro foram preparadas a partir de estolões padronizados com 3 meses idade e com 12 cm de altura, depois foram replantadas nas caixas e mantidas por um período de 30 dias de adaptação aos solos para o cultivo. Passado esse período, os solos receberam solução de acetato de chumbo (C₂H₃O₂)₂ nas concentrações de 150 e 300 mg kg⁻¹.

As plantas de amendoim forrageiro foram cultivadas em caixas por um período de quatro meses. Durante o cultivo, as caixas foram irrigadas de modo que a umidade dos solos foi mantida a 50% da capacidade máxima de retenção de água. Após o período de 120 dias,

foi realizado o teste para observação de possíveis alterações de pH na rizosfera. Para tanto foi utilizado um meio agar-indicador conforme descrito por Braccini et al. (2000), no qual a solução de agar (0,75%) foi aquecida até a dissolução completa, e, após o seu resfriamento, adicionou-se o indicador púrpura de bromocresol na concentração de 0,06%. O pH do meio foi ajustado com NaOH para 6, apresentando, nesse caso, a coloração vermelha. Uma camada de agar foi aplicada na superfície do solo por um período de 2 horas, a fim de verificar-se o pH da rizosfera de cada tratamento ao qual as mudas de amendoim forrageiro foram submetidas. Sucedido o período de cultivo, as plantas foram coletadas das caixas e a biomassa vegetal foi separada em parte aérea e sistema radicular. Essa separação foi feita através de corte das mudas realizadas na altura do colo. As plantas cortadas foram lavadas, acondicionadas em sacos de papel e secas em estufas de ar com circulação forçada à temperatura entre 65 e 70 °C até atingir o peso constante. Depois de secas, as partes da planta (aérea e raiz) foram pesadas para a determinação da biomassa seca. Posteriormente, as partes da planta foram moídas e acondicionadas em sacos plásticos e direcionadas para análises, com o objetivo de se obter o teor de chumbo na planta. No Laboratório de Análise de Solos e Plantas do Departamento de Ciências Agrárias da Universidade de Taubaté-UNITAU, as amostras de solo retiradas após 120 dias de cultivo das plantas de *Arachis pintoi* foram secas ao ar, destorroadas, homogeneizadas e passadas através de uma peneira de 1 mm de malha. Após digestão nitroperclórica ($\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4$) dessas amostras, as concentrações totais de Pb foram determinadas por espectrofotometria de absorção atômica, segundo metodologia de EMBRAPA (2009).

Para a digestão das amostras da parte aérea da planta pesou-se 200 mg da amostra e foram adicionados à mistura ácida, 3 mL de HNO_3 e 1 mL de HClO_4 . Essa mistura ácida foi levada para aquecimento em chapa metálica em torno de 120 °C em sistema sob refluxo (com vidro de relógio sobre o béquer) e sem promover fervura reacional, até que a solução se tornasse límpida. Após, resfriou-se a solução resultante e transferiu-se quantitativamente o extrato resultante para um balão volumétrico de 100,0 mL. Esse extrato foi quantificado para Pb por Espectrometria de Emissão Ótica por Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES), sendo selecionados e testados todos os parâmetros analíticos, de tal forma que as interferências intrínsecas da técnica espectrométrica fossem mínimas, não comprometendo a exatidão do resultado de concentração, aliando-se, também, aos erros na preparação das amostras por digestão.

A partir dos valores de biomassa seca da parte aérea com base nos teores de Pb (mg kg^{-1}) obtidos nas frações da extração sequencial, realizou-se uma análise de variância

(ANOVA) e também análise de regressão em função dos diferentes tratamentos aplicados na parte aérea, em que calculou-se: o acúmulo e concentrações de Pb na planta. Quando os efeitos foram significativos realizou Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

pH da rizosfera

O crescimento em caixas plásticas tornou mais simplificada a verificação de pH da região da rizosfera, tendo em vista que as raízes desenvolveram-se na superfície da lateral da caixa, que facilitou a avaliação. Essas alterações de pH ao longo das raízes foram observadas através de camada de agar indicador que foram aplicadas na superfície do solo. Inicialmente o agar apresentava pH 6, e coloração vermelha. Após duas horas da aplicação da camada de agar no solo (Figura 1), observou-se mudança na coloração indicando alteração do pH na região da rizosfera.

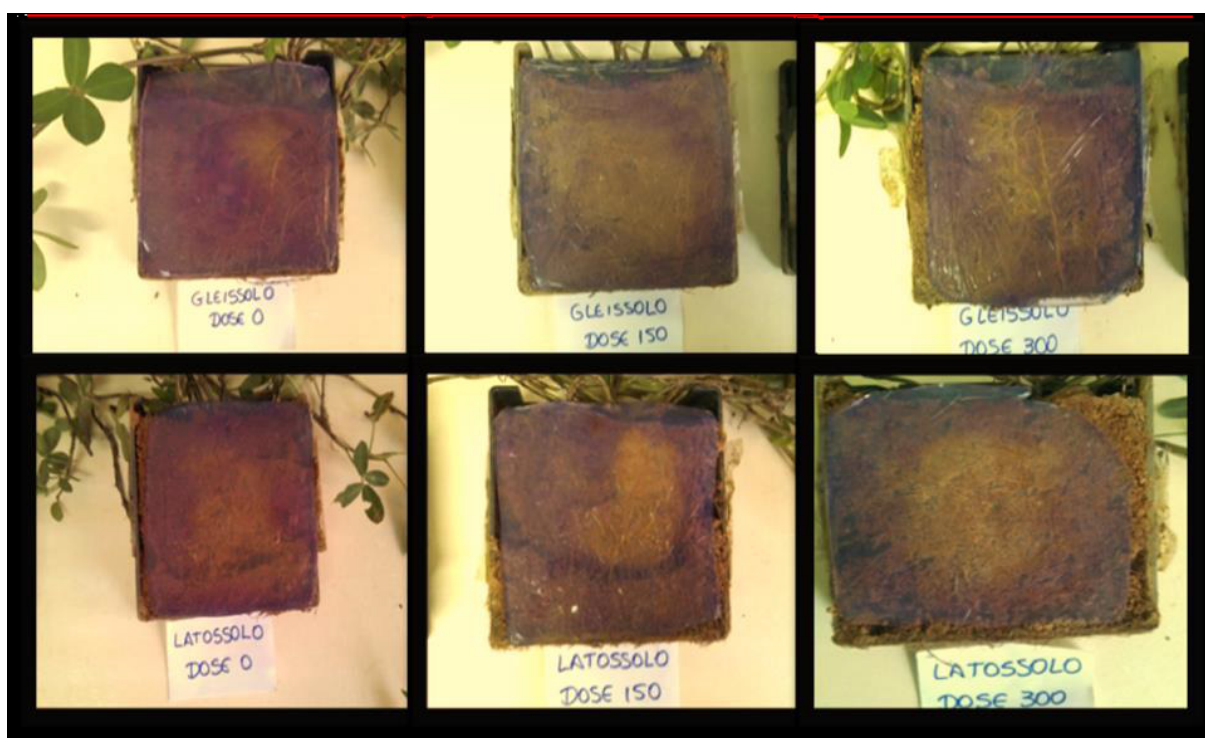


Figura 1. Verificação do pH da rizosfera, após 2h da coloração da camada agar pH 6,0, na superfície do solo, onde mudas de amendoim forrageiro foram cultivadas: GLEISSOLO A) Ausência de Pb; B) 150mg kg⁻¹ de Pb; C) 300mg kg⁻¹ de Pb. LATOSSOLO D) Ausência de Pb; E) 150mg kg⁻¹ de Pb; F) 300mg kg⁻¹ de Pb.

Na dose 0 não se observou mudança significativa do pH com valores 5,5 para Gleissolo e 5,7 para Latossolo, já nas doses 150 e 300mg kg⁻¹ das duas classes de solos, a cor do agar alterou-se de vermelho para amarelo, indicando pH de aproximadamente 4,5

constatando-se o aumento de acidez na rizosfera. De acordo com Marschner (1995), a capacidade tampão do solo e o pH inicial são os principais fatores que determinam a extensão na qual as raízes podem alterar o pH da rizosfera. A capacidade tampão de pH depende dos teores de argila e de matéria orgânica, os quais podem neutralizar as mudanças de pH induzidas pelas raízes. As vantagens do método do agar-indicador estão relacionadas à sua natureza não-destrutiva, além de permitir melhor localização das variações de pH ao longo das raízes. Por sua vez, a separação mecânica do solo para avaliação do pH implica em definir qual distância da superfície das raízes é considerada como rizosfera. Schwertmann e Taylor (1989) destacam, que à medida que o pH sobe, a intensidade de absorção aumenta acentuadamente em curta faixa de acréscimo de pH. Essa capacidade de absorção de metais pesados é de grande importância para a mobilidade dos metais pesados tóxicos no manto de solo e, portanto, para a poluição dos aquíferos.

O pH a principal variável do solo que atinge a mobilidade dos metais pesados na absorção das plantas ou no perfil do solo. Pode o pH agir diretamente na alteração dos equilíbrios químicos das reações com metais, na solubilização e precipitação dos compostos metálicos, ou indiretamente, na variação das cargas superficiais por meio dos íons H^+ e OH^- , nos argilominerais e óxidos de carga variável (ALLOWAY, 1995). É também um fator importante para o controle de absorção de metal em partículas sólidas. Desta forma, elevando-se o pH, normalmente espera-se que a absorção também seja elevada. Quando o pH diminui, a carga superficial da partícula sólida é aumentada positivamente devido a competição de íons hidrogênio pelos sítios de troca, e é por esse motivo que os metais tendem a desorver em baixos valores de pH, e também exerce efeito sobre a disponibilidade dos metais no solo. Em solos ácidos, a concentração de íons metálicos na solução do solo aumenta facilitando sua absorção pelas plantas (GARBISU e ALKORTA, 2001).

O pH do solo com adição de Pb variou de 4,3 a 4,9 (Tabela 1), constatando-se os maiores valores para o Gleissolo (4,9) quando comparado ao Latossolo (4,6). Sugere-se que a acidez do solo pode ter favorecido a absorção do Pb pela planta.

MARQUES (2009), em seu experimento com as espécies girassol, vetiver, trigo mourisco, jureminha e mamona, trabalhou com pH do solo 3,9 e verificou que a acidez do solo favoreceu a absorção de Pb, encontrando elevada concentração do metal nos tecidos vegetais.

Destacando ainda que a capacidade do solo em reter metais diminui com a elevação do pH, favorecendo a solubilização e a mobilidade destes elementos. Em solos neutros a alcalinos, os metais tornam-se menos solúveis e disponíveis, por formarem precipitados com

hidróxidos e carbonatos. O mesmo ocorre na presença de elevados teores de argila, óxidos ou húmus, por estarem mais fortemente retidos (SIMÃO e SIQUEIRA, 2001). Isso ocorre, pois a liberação dos metais para a solução é estimulada devido à competição de H^+ por sítios de ligação (LASAT, 2000).

Tabela 1. Valores de pH determinados nos diferentes tipos de solos, na ausência e presença de chumbo

<i>Doses de Pb</i>	<i>Solos</i>	
	Gleissolo	Latossolo
	-----pH(CaCl ₂)-----	
0 mg kg ⁻¹	5,5	5,7
150 mg kg ⁻¹	4,7	4,3
300 mg kg ⁻¹	4,9	4,6

Os óxidos de ferro mais comuns nos solos são a hematita e a goetita, presentes na composição dos solos Latossolos e Gleissolos. Tanto a hematita como a goetita apresentam forte capacidade de absorver metais pesados. Schwertmann e Taylor (1989) assinalam a seguinte ordem de absorção: Cu>Pb>Zn>Cd>Co>Ni>Mn (para a hematita o Pb precede o Cu quanto à ordem de absorção). Esses autores assinalam ainda que o pH é o fator mais importante da determinação desse fenômeno.

Produção de biomassa vegetal

Analizadas as massas dos vegetais (Figura 2), observa-se que, conforme a contaminação aumentou, não houve redução significativa na massa do *Arachis pinto*i em ambas as classes de solos em estudo. Isso demonstra que a quantidade de metal parece não ter afetado no desenvolvimento da planta, não prejudicando o processo de fitorremediação nessa espécie.

Na avaliação da biomassa da parte aérea, constatou-se que não houve diferenças significativas entre as doses de chumbo nas concentrações 0, 150 e 300mg kg⁻¹. Visto que as médias da biomassa vegetal foram respectivamente para Gleissolo (3,66; 3,94; 3,52g vaso⁻¹) e para Latossolo (4,58; 4,34; 4,24g vaso⁻¹), em que não apresentaram redução nas amostras com concentrações de Pb em comparação com a dose controle. O amendoim forrageiro cultivado no latossolo apresentou maior quantidade de matéria seca da parte aérea, se comparado ao gleissolo em que neste solo tanto a produção de biomassa, quanto o acúmulo de Pb no tecido vegetal foram menor.

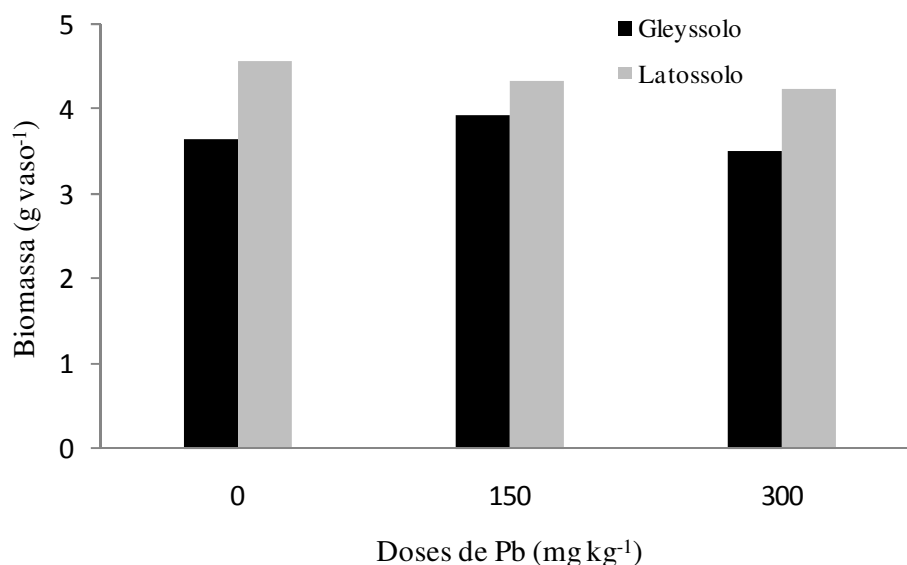


Figura 2. Comparação de médias da produção de biomassa do amendoim forrageiro (*A. pintoi*), inseridos em gleissolo e latossolo sob diferentes concentrações de Pb.

deste Almeida et al., (2008) avaliando o efeito do Pb, na fisiologia do feijão de porco (*Canavalis ensiformes*), em diferentes concentrações, relatou que o Pb afetou pouco a produção de matéria seca do feijão de porco, como ocorreu nesse estudo, que também não apresentou sintomas de toxicidade pela planta, assim como ocorreu com o amendoim forrageiro

Lima et al. (2013) avaliando o efeito do Pb no desenvolvimento de hortaliças verificaram que a produção de biomassa do couve manteiga não foi afetada pela presença de Pb no solo (Pb 20 a 180 mg kg⁻¹). Demonstrando que, embora o Pb seja um metal fitotóxico, algumas espécies de plantas toleram a presença desse metal e não apresentam redução na produção de biomassa (HONG et al., 2008).

A faixa de toxidez de Pb da maioria das plantas ocorre quando a concentração do elemento na biomassa aérea varia entre 30 e 300 mg kg⁻¹ (KABATA; PENDIAS, 2001). Para fins de comparação de tolerância de cada espécie, determinou-se a redução de biomassa e do comprimento radicular da planta quando a concentração de Pb da parte aérea alcançou o limite mínimo de toxidez, 30 mg kg⁻¹.

Teor de chumbo no solo

A presença do Pb no solo é reconhecida como um problema de saúde pública devido aos diversos impactos que o elemento gera em diferentes níveis tróficos. A concentração total

de Pb nos solos cultivados estão enquadrados dentro de uma faixa de teor considerada tóxica (30 a 300 mg kg⁻¹) para as plantas em geral, de acordo com Kabata-Pendias (2001).

A presença do Pb no solo é reconhecida como um problema de saúde pública devido aos diversos impactos que o elemento gera em diferentes níveis tróficos. A concentração total de Pb nos solos cultivados estão enquadrados dentro de uma faixa de teor considerada tóxica (30 a 300 mg kg⁻¹) para as plantas em geral, de acordo com Kabata-Pendias (2001).

As duas classes de solos utilizados nesse estudo apresentaram cerca de 550 mg kg⁻¹ de chumbo total, (Tabela 2). Sendo que, o gleissolo obteve maior retenção de chumbo, nas duas concentrações de Pb utilizados, isso pode ser explicado por ser um solo sob condições de hidromorfismo, que apresenta saturação por água, e é muito argiloso, já o latossolo (Tabela 2), absorveu menor quantidade de Pb.

Tabela 2. Determinação de chumbo nas diferentes concentrações das duas classes de solos estudados (mg kg⁻¹).

<i>Doses de Pb</i>	<i>Teor de Pb nos Solos</i>	
	Gleissolo	Latossolo
	-----Pb (mg kg ⁻¹)-----	
0 mg kg ⁻¹	0	0
150 mg kg ⁻¹	104	70
300 mg kg ⁻¹	212	164

O Pb presente no latossolo apresentou uma menor retenção, podendo ser transferido para as raízes dos vegetais. Todavia, a absorção do Pb pela planta pode ser incrementada com o aumento da acidez do solo e diminuição da quantidade de húmus (PARMIGIANI e MIDIO, 1995).

O Pb na solução do solo geralmente ocorre como Pb²⁺ formando complexos estáveis com ligantes inorgânicos (Cl⁻, CO₃⁻²) e orgânicos (ácidos húmicos e fúlvicos) (KABATA-PENDIAS e PENDIAS, 1992).

Teor de chumbo na planta

As plantas de amendoim forrageiro tiveram taxa de sobrevivência de 100% em solos contaminados com Pb, sem apresentar sintomas característicos de fitotoxicidade.

Analizadas as amostras da parte aérea das plantas (Tabela 3), observa-se que concentrações de Pb no tecido da parte aérea do vegetal aumentou com as doses de Pb no solo. Isso demonstra que a quantidade de metal mais alta, não afetou o desenvolvimento da

planta, sendo uma característica importante para as plantas indicadas para programas de fitorremediação (PILON SMITH, 2005; SARMA, 2011).

Tabela 3. Determinação de chumbo (mg/kg) na parte aérea da planta, nas duas classes de solos.

<i>Doses de Pb</i>	<i>Teor de Pb na parte aérea</i>	
	Gleissolo	Latossolo
	----- Pb (mg kg ⁻¹)-----	
0 mg kg ⁻¹	3	6
150 mg kg ⁻¹	57	89
300 mg kg ⁻¹	91	120

O Pb apesar de ocorrer nas plantas, sua absorção é passiva, sendo diminuída pela calagem e baixa temperatura. Apesar de não ser solúvel nos solos, é absorvido pela raiz e estocado nas paredes celulares.

Nas análises de regressão para a concentração e para o acúmulo de chumbo na parte aérea das plantas de *A. pintoi* (Figura 3), verificou-se que a planta de Amendoim forrageiro demonstrou considerável potencial para extração de Pb, ajustando-se equações lineares para latossolo e equações polinomiais para o gleissolo. De maneira geral, pode-se observar neste trabalho o mesmo observado por Pereira (2005), que em estudo com girassol, feijão-de-porco e milho em solo contaminado por Pb, observou-se que o feijão-de-porco e o milho foram as espécies que mais acumularam Pb na parte aérea. Segundo o autor, as plantas testadas não podem ser classificadas como hiperacumuladoras de metais, entretanto as espécies podem ser utilizadas na recuperação de áreas contaminadas pela maior tolerância e acumulação de metais pesados.

A solubilidade do Pb aumenta com a redução do pH, o que explica as concentrações mais elevadas desse elemento na raiz e na parte aérea das plantas desenvolvidas sobre o solo Latossolo (OLIVEIRA et al., 2005). A massa de Pb acumulada nas plantas também foi mais elevada neste solo (em média superior ao das plantas do gleissolo), razão direta da sua maior acidez (maior biodisponibilidade deste metal nesse solo). Este acúmulo crescente de chumbo, também, contribuiu, provavelmente, à fitotoxicidade apresentada nas plantas crescidas no solo Latossolo, tendo causado redução de produção de matéria seca total em mais de 20%. Segundo Fageria (2000), a redução da produção em torno de 10% é uma característica de fitotoxicidade.

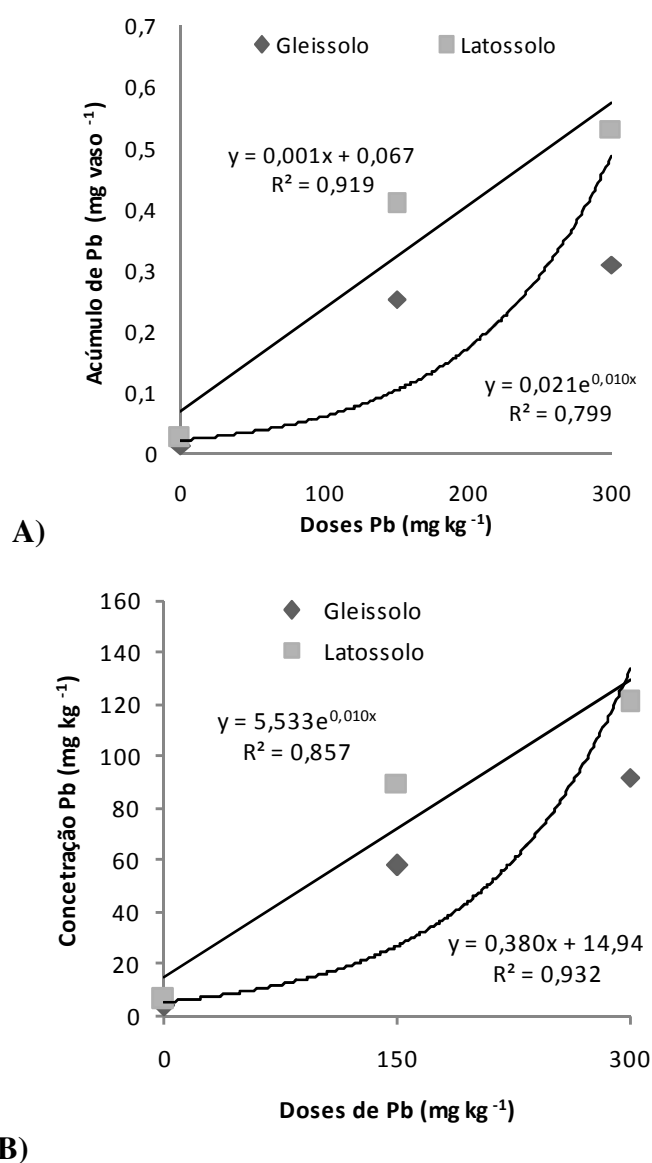


Figura 3. Médias de concentrações e acúmulo de chumbo na parte aérea *do A. pintoi* (A) e n solo (B). Sob efeitos da aplicação de doses crescentes de Pb nas duas classes de solo, após a contaminação artificial com Pb. Equações de regressão polinomial linear, estatisticamente significativa a 5%.

Os solos utilizados neste trabalho apresentaram resultados favoráveis para o cultivo do amendoim forrageiro, que mesmo em condições de acidez, devido à presença de Pb, não houve interferência no desenvolvimento da planta.

De modo geral, o Amendoim forrageiro *A. pintoi* suportou a contaminação dos solos estudados, e se desenvolveu muito bem às diferentes concentrações do contaminante. Apresentando produção de biomassa considerável, nas duas classes de solos.

No entanto, as concentrações e o acúmulo de Pb aumentaram no tecido da parte aérea do vegetal, conforme se aumentou o teor disponível nos solos em que as plantas se mostraram boas acumuladoras e tolerantes ao chumbo (Pb).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelas características apresentadas nos solos estudados e pelas concentrações fitotóxicas de chumbo encontradas nas plantas desenvolvidas nas duas classes de solos, evidencia-se que o *Arachis pinto*i apresenta potencial para programas de fitorremediação em áreas contaminadas com Pb.

Já em questão da matéria seca, a produção de biomassa foi maior nas plantas cultivadas em latossolo que apresentou uma maior produção de biomassa e também maior acúmulo de Pb. Se comparado com o gleissolo com acúmulo menor de Pb no tecido vegetal, provavelmente em razão da menor biodisponibilidade desse metal na planta estudada.

O amendoim forrageiro comportou-se de modo diferenciado à contaminação com Pb, com boas respostas quanto à tolerância, à absorção e ao acúmulo desse elemento. Com base nas doses de toxicidade, o amendoim forrageiro apresentou eficiência quanto ao acúmulo de chumbo na parte aérea, podendo ser utilizado como instrumento de contenção, redução ou remoção de contaminantes principalmente em latossolo, que apresentou bons índices de absorção e também a diminuição do resíduo do metal no solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACCIOLY, A. M. A.; SIQUEIRA, J. O. Contaminação química e biorremediação do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000.

Agency for Toxic Substances and Disease Control (ATSDR). CERCLA priority list of hazardous substances, 2013. Disponível em: <<http://www.atsdr.cdc.gov/spl/>>. Acesso em 30 ago. 2014.

ALMEIDA, E. L.; MARCOS, F. C. C.; SCHIAVINATO, M. A.; Lagoa, A. M. M. A.; Abreu, M. F. Crescimento de feijão-de-porco na presença de chumbo. **Revista Ciências Agronômicas**, 67, p. 569-5776, 2008.

ALLOWAY, B. J. The origins of heavy metals in soil. In: ALLOWAY, B. J. (ed.). **Heavy metals in soils**. 2. ed. London: Blackie Academic, p. 38-57, 1995.

ANDRADE, A. F. M.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; MAGALHÃES, M. O. L.; MAZUR, N. 2008. Zinco, chumbo e cádmio em plantas de arroz (*Oryza Sativa* L.) cultivadas em solo após adição de resíduo siderúrgico. **Ciência Rural**, v. 38, n. 7, p. 1877-1885, out. 2008.

AZEVEDO, D. M. P. Atributos físicos e químicos de um Latossolo Amarelo e distribuição do sistema radicular da soja sob diferentes sistemas de preparo no cerrado maranhense. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 01, p. 32-40, 2007.

BATISTA, A. A. **Seleção de espécies com potencial fitorremediador de chumbo**. 2013. 57f. Dissertação (Mestrado em Solos e Qualidade de Ecossistemas) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA, 2013.

BRACCINI, M. C. L.; MARTINEZ H. E. P.; MENDONÇA, S. M.; Avaliação do pH da rizosfera de genótipos de café em resposta à toxidez de alumínio no solo. **Bragantia**, Campinas, v. 59, p. 83-88, 2000.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. Decisão da Diretoria, n. 195 de 2005 que dispõe sobre a aprovação dos valores orientadores para solos e águas subterrâneas do estado de São Paulo. São Paulo, 2005. Disponível em <http://solo.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/34/2014/12/tabela_valores_2005.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2014.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, nº 249, 30 dez. 2009. p. 81-84. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiano1>>. Acesso em: 13 jan. 2014.

COSTA, C. N.; MEURER, E. J. BISSANI, C. A.; SELBACH, P. A. Contaminantes e poluentes do solo e do ambiente. In: MEURER, E. J. (Ed.). **Fundamentos de química do solo**. 3. ed. Porto Alegre: Evangraf, 2006. p. 213-250.

CRUVINEL, D. F. C. **Avaliação da fitorremediação em solos submetidos à contaminação com metais**. 2009. 79 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Ribeirão Preto UNAERP, Tecnologia ambiental. Ribeirão Preto, 2009.

DOMINGUES, T. C. G. **Teor de metais pesados em solo contaminado com resíduo de sucata metálica em função da sua acidificação**. 2009. 75 f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Agroambientais) – Instituto Argonômico, Campinas, 2009.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, p. 81-83, 2009.

FAGERIA, N. K. Níveis adequados e tóxicos de zinco na produção de arroz, feijão, milho, soja e trigo em solo de Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 3, p. 390-395, 2000.

FERNANDES, A. T. F.; FERNANDES, C. D.; EUCLIDES, V. P. B. et al. Avaliação de acessos de *Paspalum* spp em consorciação com *Arachis pintoi* em áreas umidas de baixa fertilidade. In: RED INTERNACIONAL DE EVALUACION DE PASTOS TROPICALES, 1., 1992, Brasília. **Reunión Sabanas...** Cali: Embrapa-CPAC/CIAT, 1992. p. 555-560. (Documento de Trabajo, 117).

GARBISU, C., ALKORTA, I. Phytoextraction: A cost effective plant-based technology for the removal of metals from the environment. **Biores Technol**, v. 77, n. 3, p. 229-236, 2001.

GRATÃO, P. L. et al. Phytoremediation: green technology for the cleanup of toxic metals in the environment. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 17, p. 53-64, 2005.

HONG, C. L. et al. Assessing lead thresholds for phytotoxicity and potential dietary toxicity in selected vegetable crops. **Bulletin Environmental Contamination and Toxicology**, v. 80, n. 4, p. 356-361, 2008.

IAC- Mapa Pedológico do Estado de São Paulo - São Paulo: IAC/EMBRAPA- Escala 1:500000. 1999.

IRIE, C. N. et al. Avaliação do potencial da embaúba (*Cecropia cf. pachystachya Trécul*) para recuperação de solos contaminados com metais pesados. In: Congresso de Iniciação Científica. 11, 2008, Mogi das Cruzes. **Anais...** Mogi das Cruzes: [s.n.], 2008.

JABEEN, R.; AHMAD, A.; IQBAL, M. Phytoremediation of heavy metals: physiological and molecular mechanisms. **The Botanical Review**, v. 75, p. 339-364, 2009.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 1992. 315 p.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. Boca Raton: CRC Press LLC, 2001. 413 p.

LASAT, M. M. Phytoextraction of toxic metals: A review of biological mechanisms. **Journal of Environmental Quality**, v. 31, p. 109-120, 2002.

LASAT, M. M. Phytoextraction of metals from contaminated soil: A review of plant/ soil/ metal interaction and assessment of pertinent agronomic issues. **Journal of Hazardous Substance Research**, v. 2, p. 1-5, 2000.

LIMA, F. S. L.; NASCIMENTO, C. W. A.; ACCIOLY, A. M. A.; Sousa, C. S.; Cunha Filho, F. F. Bioconcentração de chumbo e micronutrientes em hortaliças cultivadas em solo contaminado. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 2, p. 234-241, 2013.

MARQUES, L. F. **Fitoextração de chumbo por girassol, vetiver, trigo mourisco, jureminha e mamona em áreas contaminadas**. 2009. 48 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba – Centro de Ciências Agrárias, Areia-PB: UFPB/CCA, 2009.

MIN, Y., BOQUING, T., MEIZHEN, T., AOYAMA, I. Accumulation and uptake of manganese in a hyperaccumulator *Phytolacca americana*. **Minerals Engineering**, v. 20, p. 188-190, 2007.

MOURA, A. C. Zoneamento geoambiental como subsídio à análise dos indicadores ambientais nas áreas de dutos: caracterização do clima como fator determinante da instabilidade das áreas de implantação de dutos. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, 2006.

NALON, M. A.; MATTOS, I. F. A.; FRANCO, G. A. D. C. Meio físico e aspectos da fragmentação da vegetação. In: RODRIGUES, R. R.; BONONI, V. L. R. (Orgs.). **Diretrizes para a conservação e restauração da biodiversidade no Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, Instituto de Botânica, p. 16-21. 2008

NASCIMENTO, I. S. O cultivo do amendoim forrageiro. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 4, p. 387-393, out.-dez. 2006.

OLIVEIRA, C.; SOBRINHO, N. M. B. A.; MARQUES, V. S. et al. Efeitos da aplicação do lodo de esgoto enriquecido com cádmio e zinco na cultura do arroz. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29 n. 1, p. 109-116, 2005.

PARMIGIANI, M. P. C. V. D.; MIDIO, A. F. Chumbo na alimentação da população infantil. **Cadernos de Nutrição**, v. 9, p. 25-34, 1995.

PEREIRA, B. F. F. **Potencial fitorremediador das culturas de feijão-de-porco, girassol e milho cultivadas em latossolo vermelho contaminado com chumbo**. 2005. 68 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical), Campinas: Instituto Agronômico, 2005.

PILON-SMITS, E. Phytoremediation. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 56, p. 15-39, 2005.

PIZARRO, E. A.; CARVALHO, M. A.; VALLS, J. F. M. et al. *Arachis* spp: evaluación agronomica en areas bajas del Cerrado. In: RED INTERNACIONAL DE EVALUACION DE PASTOS TROPICALES, 1. Brasília. **Reunión Sabanas**. Cali: Embrapa-CPAC/CIAT, 1992. p. 353-356. (Documento de Trabajo, 117). 1992

RULKENS, W. H. GROTENHUIS, J. T. C. TICHY, R. Methods for Cleaning Contaminated Soil and Sediments. In: SALOMONS, W.; FORSTNER, U.; MADER, P. (Ed.). **Heavy Metals Problems and Solutions**, p. 165-186, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York, 1995.

SARMA, H. Metal hiperaccumulation in plants: A review focusing on phytoremediation technology. **Journal Environmental Science and Technology**, v. 4, n. 2, p. 118-138, 2011.

SHARMA, P.; DUBEY, R. S. Lead toxicity in plants. **Brazilian journal of plant physiology**, v. 17, n. 1, p. 35-52, 2005.

SILVA, P. C. C.; JESUS, F. N.; ALVES, A. C.; JESUS, C. A. S.; SANTOS, A. R. Crescimento de plantas de girassol cultivadas em ambiente contaminado por chumbo. **Bioscience Journal**, v. 29, p. 1576-1586, 2013.

SIMÃO, J. B. P.; SIQUEIRA, J. O. Solos contaminados por metais pesados: características, implicações e remediação. **Informe Agropecuário**, v. 22, n. 21, p. 18-26, 2001.

SCHNOOR, J. L. Phytoremediation of soil and groundwater. **Technology evaluation report TE-02-01**. Iowa: GWRTAC Ground Water Remediation Technologies Analysis Center, 2002.

SCHWERTMANN, U.; TAYLOR, R. M. Iron oxides. In: DIXON, J. B.; WEED, S. B. (Ed.). **Minerals in soil environments**. 2. ed. Madison: Soil Science Society of America. cap. 8, p. 379-438, 1989.

SETH, C. S.; CHATURVEDI, P. K.; MISRA, V. The role of phytochelatins and antioxidants in tolerance to Cd accumulation in *Brassica juncea* L. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 71, p. 76- 85, 2011.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.) **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2004. cap. 1, p. 29-58.

TAVARES, S. R. L. **Fitorremediação em solo e água de áreas contaminadas por metais pesados provenientes da disposição de resíduos perigosos**. 2009. 371 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil)– Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2009.

Determinação de Carbono Total em Plantações de Eucalipto e Pastagens

Hélio Rodrigues Bassanelli⁽¹⁾

Getulio Teixeira Batista⁽¹⁾

Marcelo dos Santos Targa⁽¹⁾

INTRODUÇÃO

A mudança no uso do solo está diretamente ligada à questão ambiental, o que levou a sociedade e os meios de produção a se organizar e intensificar esforços para explorar racionalmente os recursos naturais. Nesse sentido, a região paulista do Vale do Paraíba do Sul passou por diversos ciclos agrícolas, mas nunca uma cultura gerou tanta discussão como a silvicultura de eucaliptos. Atualmente, verifica-se uma substituição da atividade pecuária pelo plantio de eucaliptos. As pastagens originalmente ocupadas por plantas forrageiras, especialmente a braquiária, vêm sendo substituídas por plantações florestais, com destaque para o eucalipto. De acordo com o Censo Agropecuário (IBGE, 2006), no estado de São Paulo entre 1996 e 2006 a área ocupada com pastagens foi reduzida em 6%, enquanto a área ocupada por florestas de eucalipto apresentou um crescimento de 19%. O aumento das áreas plantadas com eucalipto vem sendo acompanhada por polêmicas e discussões acerca do empobrecimento do solo, uso intensivo da água e perda de biodiversidade, além de questões sociais associadas à expansão da monocultura e risco de poluição devido aos insumos para a produção e transporte. Entretanto, pouco se tem discutido sobre os benefícios que a cultura pode trazer para a região, além dos fatores econômicos resultantes da produção em uma área já bastante degradada por exploração intensa no passado.

As florestas plantadas têm várias funções, sequestro de carbono, proteção do solo e da água, reaproveitamento das terras degradadas por uso indevido no passado e, principalmente, por serem uma alternativa vantajosa ao desmatamento de florestas nativas, com ciclo relativamente curto, maior homogeneidade dos produtos o que diminui o custo industrial de processamento.

Uma das iniciativas para sequestrar parte do gás carbônico emitido é, portanto, o plantio de florestas, pois essas atuam como absorvedor de carbono pelo processo de fotossíntese, fixando-o na biomassa.

⁽¹⁾ Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, Departamento de Ciências Agrárias, Universidade de Taubaté, Estrada Municipal Dr. José Luis Cembranelli, 5000 - Fazenda Piloto - Itaim, Cep - 12081-010, Taubaté, SP, Brasil. email: gtbatista@gmail.com

Dentre as espécies plantadas atualmente, a que mais se destaca no Brasil é o eucalipto que ocupa cerca de 6.951,145 ha, o que corresponde a 74% das florestas plantadas (IBGE,2015).

O Estado de São Paulo é um dos estados brasileiros com maior área de plantio e o Vale do Paraíba é considerado uma das áreas de produção mais promissoras para expansão do reflorestamento de eucaliptos. Estudo realizado por Arguello et al. (2010) mostrou que a maioria dos municípios do Vale do Paraíba sofreu uma expansão dos cultivos de eucalipto com acréscimo de 32,2% na área plantada entre 2001 e 2007.

O presente capítulo discute o sequestro de carbono no sistema de uso do solo como pastagem e no de eucalipto, com apresentação de resultados de um estudo realizado no município de Igaratá-SP, com o objetivo de avaliar a quantidade de carbono estocado no solo em uma pastagem com *Brachiaria decumbens* e o reflorestamento com dois Clones de *Eucaliptus urograndis*.

DESENVOLVIMENTO

Estoque de carbono no solo e na biomassa

Os oceanos, a atmosfera, as formações geológicas que contêm material orgânico fossilizado e ecossistemas terrestres (solo e biota) são os principais reservatórios de carbono da Terra. Existe uma grande variedade de compostos de carbono envolvidos no seu ciclo global, sendo os principais: o CO₂, CH₄, os combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás natural) e o CO. No balanço global de carbono na atmosfera da Terra, cerca de 8 bilhões de toneladas de carbono são emitidas anualmente na forma de dióxido de carbono 12 (CO₂) pela queima de combustíveis fósseis e mudanças no uso da terra, cerca de 3,2 bilhões permanecem na atmosfera, provocando o aumento do efeito estufa (aumento do aquecimento da superfície e da troposfera devido à absorção de radiação infravermelha termal por vários gases traços presentes na atmosfera, principalmente o dióxido de carbono). O restante é reabsorvido pelos oceanos e pela biota terrestre (NOBRE e NOBRE, 2002). Os maiores sorvedouros de carbono são os oceanos. O aumento de gases causadores de efeito estufa na atmosfera pode ser responsável pela mudança climática e já pode estar causando impactos diretos nos sistemas ecológicos, com reflexos econômicos e sociais (MARENGO, 2006), para isso é de fundamental importância realizar estudos que avaliem potencial do solo e das plantas, para estocar, drenar e diminuir as emissões de gases de efeito estufa. As florestas nativas e plantadas podem ser tanto reservatórios quanto fontes de carbono. Atuam como reservatório

ao absorver o carbono e consequente liberação de oxigênio, retendo-o na biomassa, principalmente na forma de madeira. Ao se decomporem ou queimarem este processo se inverte. O oxigênio do ar é usado na combustão e o carbono que foi armazenado na madeira é liberado para a atmosfera (AREVALO; ALEGRE; VILCAHUAMAN, 2002). O sequestro de carbono passa a tomar relevância após o Protocolo de Quioto, em que foi proposto se reduzir as emissões antrópicas em 5,2% abaixo dos níveis de 31 de dezembro de 1989 (BRASIL, 1997), e propõe que a mitigação seja realizada de quatro formas: a) reflorestamento e/ou aflorestamento (inclusive de sistemas agroflorestais) para o sequestro de carbono; b) manejo florestal sustentável que tanto sequestra quanto reduz as emissões; c) conservação e proteção florestal que é uma forma de emissão evitada; e d) substituição do combustível fóssil por biomassa renovável para reduzir emissões, sendo que apenas nesta, a redução da emissão é permanente (YU, 2004).

No solo o estoque de carbono é resultado, principalmente, da decomposição de resíduos, da serapilheira e das raízes.

O estoque de C orgânico no solo resulta, principalmente, da taxa de decomposição dos resíduos da colheita florestal que permanecem sobre a superfície do solo, da manta orgânica e das raízes, que, devido à maior concentração de substâncias recalcitrantes, dão origem a formas mais estáveis de C orgânico no solo. (GATTO et al., 2010).

De acordo com Machado (2005), o estoque de carbono do solo é a representação do balanço dinâmico entre a adição de material vegetal morto e a perda por decomposição e mineralização. De acordo com Cerri et al. (2006), o estoque de carbono no solo nos 30 cm superficiais do solo é de cerca de 800 Pg C e que cerca da metade do carbono estocado no solo estejam em áreas de florestas. Para Machado (2005), o sequestro de carbono nos solos é formado por três importantes processos: humificação, agregação e sedimentação e por outro lado, a perda de carbono do solo se dá por erosão, decomposição, volatilização e a lixiviação.

A quantificação do estoque de carbono no solo é feita em base volumétrica para uma determinada profundidade do solo e normalmente é expressa em Mg carbono hectare⁻¹, sendo 1 Mg = 1 megagrama ou 1 tonelada métrica (MACHADO, 2005). No Vale Paraíba do Sul as áreas originalmente ocupadas com pastagens vêm sendo substituídas pelo plantio de florestas de eucaliptos. Essa substituição vem ocorrendo devido, principalmente, a fatores econômicos, entretanto, discute-se também o papel ambiental das pastagens que é perdido em função desta substituição. De acordo com Nascimento Jr (1998), longe de serem ambientalmente degradantes, as pastagens têm um papel importante na estabilização do ciclo global do

carbono e minimizam o efeito estufa do CO₂ atmosférico. Historicamente, no Estado de São Paulo, a pecuária leiteira se concentrou nas regiões de Franca, Ribeirão Preto, Campinas e no Vale do Paraíba. Nessas regiões, os solos de maiores ocorrências é o Latossolo Roxo, Terra Roxa Estruturada, Podzólicos com cascalho, Latossolos fase terraço e fase rasa, Latossolos Campos do Jordão e Solos litólicos, na maioria das vezes com horizontes argilosos e profundos, além de apresentarem declividades acentuadas e riscos à erosão (DRUGOWICH e SAVATANO, 2008). As pastagens são ocupadas principalmente por *Brachiaria decumbens*, *B. brizantha*, *B. humidicola* e *B. ruziziensis*.

De acordo com a EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), as pastagens ocupam cerca de 170 milhões de hectares do território brasileiro sendo que 20% correspondem a pastagens degradadas de plantas do gênero *Brachiaria spp.*

A *Brachiaria decumbens* ocupa um papel de destaque nas pastagens cultivadas no Brasil, possui adaptação as mais diversas condições de solo e clima (SOARES FILHO, 1994). Para Valle et al. (2000) é uma planta vigorosa e perene, bem resistente à seca, adaptando-se bem em regiões tropicais úmidas. É pouco tolerante ao frio e cresce bem em diversos tipos de solo, porém, requer boa drenagem e condições de média fertilidade. A determinação do potencial produtivo de áreas ocupadas com pastagens é determinada por fatores como solo, clima e a espécie envolvida (IMHOFF, SILVA e TORMENA, 2000). Em relação à produtividade, Crispin e Branco (2002) apuraram que em boas condições de fertilidade podem produzir entre 10 a 15 Mg de biomassa seca ha⁻¹ ano⁻¹. Para Goedert (1989) os valores ficam entre 5 a 12 Mg de biomassa seca ha⁻¹ ano⁻¹. Já Magalhães et al. (2007) estimou um total de 2,1 Mg ha⁻¹ de biomassa seca nas folhas e 2 Mg ha⁻¹ no colmo em pastagens de gramíneas ocupadas com *Brachiaria decumbens* na Bahia, sem nenhum tipo de adubação, segundo esse autor o total de biomassa seca na parte aérea seria de 4,2 Mg ha⁻¹ ano⁻¹. Para Sá e Oliveira (2006) quando bem adubada, especialmente na cobertura com nitrogênio, a produtividade de biomassa seca pode sofrer um incremento anual de 2 Mg ha⁻¹ a 9,3 Mg ha⁻¹.

No Estado de São Paulo as pastagens ocupam grande parte das áreas agrícolas, como afirma Demarchi (2012):

O Estado de São Paulo contava com uma área ocupada com pastagens da ordem de 40% do total de terras cultiváveis, o que corresponde à perto de 7,8 milhões de hectares, entretanto, cerca de 20% delas (1,5 milhão de hectares) encontra-se fora do sistema produtivo e outras 60% (4,6 milhões de hectares) em estágios iniciais de degradação, com perspectivas de situação agravada, caso não sejam adotadas ações para a correção desta tendência. (DEMARCHI, 2012).

De acordo com Batista (2010), o percentual ocupado com pastagens no Vale do Paraíba em 2010 era de 41% e em 2001 foi de 46%, um decréscimo de 4,9% em 10 anos. O que indica que a pastagem vem sendo substituída por outros usos do solo, principalmente pelo eucalipto.

O gênero *Eucalyptus* pertence à família Myrtacea, originário da Austrália e compreende mais de 3000 espécies (PRYOR, 1985). É uma matéria-prima de uso múltiplo, pois, além do uso para produção de papel e celulose, serve para construção civil, na forma de madeira serrada, e produção de essências e fragrâncias. O cultivo de eucalipto está em destaque no cenário agrícola brasileiro. Devido às diferentes espécies e variedades do eucalipto, além de sua adaptabilidade, passou a ser considerado como a principal matéria-prima florestal, pois possui alto rendimento e rápido crescimento, podendo servir a diferentes usos. Segundo IPEF (2005), no Brasil, as espécies mais utilizadas são o *Eucalyptus grandis* (55%), *Eucalyptus saligna* (17%), *Eucalyptus urophylla* (9%), *Eucalyptus viminalis* (2%), híbridos de *E. urograndis* (11%) e outras espécies (6%). O *E. urograndis* é um híbrido desenvolvido no Brasil, por meio do cruzamento do *E. grandis* x *E. urophylla*, com o objetivo de maior rendimento, qualidade e adaptabilidade.

O estado com a maior área plantada com eucalipto é Minas Gerais, seguido por São Paulo e se constata um incremento do plantio de florestas em todos os estados brasileiros. Em todos os estados verificou-se um crescimento em área de floresta plantada, com destaque para o Estado do Mato Grosso do Sul com mais de 300% de acréscimo. A região com maior área plantada é a Sudeste (44%), seguida pela região Sul (30%), Centro Oeste (12%), Nordeste (10%) e Norte (4%).

Conforme os dados da Associação Brasileira de Celulose e Papel (BRACELPA) referentes a 2011, o Brasil é o quarto maior produtor mundial de celulose e o nono maior produtor de papel, sendo que a produção de celulose e papel apresentou um crescimento de 7,1% e 5,4% ao ano, respectivamente. Algumas regiões possuem destaque para essa produção, como é o caso da região Sudeste, que tem apresentado recentemente incremento na área plantada, como a região do Vale do Paraíba Paulista (ARGUELLO, 2010).

Segundo Arguello et al. (2010), em 2001, havia 76.200 ha plantados de eucalipto, principal espécie utilizada em reflorestamento e em 2007, essa área passou para 100.742 ha, o que equivale a 7,1% do trecho paulista da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul, portanto, observou-se um acréscimo de 32,2% nas áreas com o cultivo dessa espécie entre 2001 e 2007 e também observou-se um incremento em quase todos municípios do trecho paulista da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul, com destaque para os municípios mais ao sul da bacia.

Estudo realizado por Batista (2010), no ano de 2010, constatou que a área ocupada com eucalipto no trecho paulista da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, passou para 116.018 ha, com uma cobertura de 8,1% da área da bacia, o que equivale a um incremento de 1,02% em relação à ocupação com reflorestamento da bacia em 2007. Em relação a 2001 houve um aumento de 39.818 ha (Tabela 1).

O crescimento da silvicultura tem sido acompanhado por polêmica envolvendo a comunidade regional. Alguns municípios chegaram a proibir o plantio desta espécie. Entretanto, percebe-se que o cultivo de eucalipto está presente em diversas regiões do planeta, em diferentes biomas, solos, regimes de chuvas e interesses. Atualmente, a atividade florestal tem se voltado para alternativas de uso, como o plantio de árvores para o sequestro do carbono presente na atmosfera. Para Silveira et al. (2008), cresce a cada dia o interesse pelos estudos de biomassa e conteúdo de carbono em florestas, por estas serem capazes de acumular, na estrutura das árvores, elementos poluentes nocivos à qualidade de vida. Eles ressaltam que as florestas estocam carbono tanto na biomassa acima como abaixo do solo.

Devido à importância da discussão acerca do sequestro de carbono, a obtenção de estimativas confiáveis de estoques de carbono em florestas é essencial para conhecermos o montante que é emitido e sequestrado no tempo e no espaço. No balanço global do carbono, Balbinot et al. (2008) afirmam que as florestas são importantes para o equilíbrio do estoque de carbono global.

Tabela 1. Área de classes de uso de solo e cobertura de solo na bacia do rio Paraíba do Sul, no ano de 2010, com base na análise de imagens Landsat TM.

<i>Classe de uso do solo</i>	<i>Área</i>	
	(km ²)	(%)
Mata ou capoeira	3.373,48	23,6
Pasto	5.830,81	40,8
Urbana	708,35	5,0
Reflorestamento	1.160,18	8,1
Água	316,68	2,2
Regeneração/cultura	2.892,62	20,3
Área total das culturas	14.282,11	100,0

Fonte: Batista (2010).

Para Fearnside e Guimarães (1996), as árvores mais jovens sequestram mais carbono que as mais adultas, no entanto, as árvores adultas funcionam como reservatório de carbono, por exemplo, uma floresta secundária com 10 anos de idade assimila de 6,0 a 10,0 Mg ha⁻¹ ano⁻¹; com 20 anos de idade, varia de 4,0 a 7,0 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ e com 80 anos, cai para 2,0 Mg ha⁻¹ ano⁻¹. Em florestas plantadas, Paixão et al. (2006) estimaram 107,1 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de biomassa, em um plantio de eucalipto sem casca com idade entre 7 a 10 anos. Considerando um percentual de carbono equivalente a 50%, o total estimado foi de 53,6 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de carbono.

O plantio de espécies florestais permite a alocação de grande quantidade de carbono orgânico no solo devido à quantidade de raízes. O carbono permanece por maior tempo no solo, se comparado ao carbono estocado na biomassa. Em estudos realizados por Gatto et al. (2010) foi constatado que as plantações de eucalipto imobilizaram cerca de 50 t ha⁻¹ ano de CO₂. Eles concluíram que, em regiões tropicais, os solos sob plantações florestais de rápido crescimento como o eucalipto, podem ser considerados como um excelente drenó para o estoque de carbono no sistema solo-planta e mais da metade do total de carbono é estocado no solo.

Estoque de carbono na biomassa de pastagem com *Brachiaria* spp

Na Tabela 2 estão apresentados o total de biomassa seca e carbono determinados na pastagens com *Brachiaria* spp. Percebe-se que as raízes apresentam uma grande variação de biomassa entre as parcelas. O maior valor de 3,05 Mg ha⁻¹ de biomassa seca foi constatado na parcela 1 e o menor 1,25 Mg ha⁻¹ na parcela 4 e a média na área de pastagem foi igual a 2,17 Mg ha⁻¹ de biomassa seca. Embora seja comum se usar o valor de 50% para o teor de carbono contido na biomassa da vegetação, ele foi efetivamente analisado no experimento aqui relatado. Com exceção da parcela 1, que apresentou mais de 50% de carbono na biomassa, as demais parcelas apresentaram valores menores, sendo a média de carbono presente na biomassa seca de 41% e a quantidade média de carbono total presente nas raízes da pastagem foi de 0,90 Mg ha⁻¹.

A biomassa da parte aérea da *Brachiaria decumbens* também apresentou uma grande variação entre as parcelas, sendo que os maiores valores foram determinados na parcela 1 (2,88 Mg ha⁻¹) e o menor na parcela 4 (1,48 Mg ha⁻¹) e a média determinada na pastagem ficou em 1,98 Mg ha⁻¹ de biomassa seca. Os valores dos teores de carbono determinados na biomassa aérea da *Brachiaria* spp foi inferior a 50% em todas as parcelas e ficaram abaixo da

média de 46%. A quantidade de carbono total na parte aérea da pastagem foi igual a 0,90 Mg ha⁻¹

Tabela 2. Total de biomassa seca, percentual de carbono e carbono total determinado nas raízes de *Brachiaria* spp.

<i>Parcelas</i>	<i>Biomassa</i>	<i>Carbono</i>	
	(Mg ha ⁻¹)	(%)	(Mg ha ⁻¹)
1	3,05	52	1,58
2	2,65	38	1,00
3	2,25	39	0,87
4	1,25	39	0,48
5	1,60	36	0,57
6	2,25	41	0,92
Média	2,17	41	0,90

Fonte: Bassanelli (2013).

A biomassa seca total da *Brachiaria* spp coletada na área de pastagens foi obtida a partir da soma dos valores da biomassa seca das folhas e raízes (Tabelas 3). A média da quantidade de biomassa seca total foi igual a 4,15 Mg ha⁻¹ e a média do carbono total contido na biomassa aérea e raízes da *Brachiaria* spp foi de 0,90 Mg ha⁻¹.

Tabela 3. Total de biomassa seca da parte aérea e raízes, percentual de carbono e quantidade de carbono total determinado na biomassa da *Brachiaria* spp.

<i>Parcelas</i>	<i>Biomassa</i>	<i>Carbono</i>	
	(Mg ha ⁻¹)	(%)	(Mg ha ⁻¹)
1	5,93	49	2,91
2	5,37	43	2,28
3	4,77	41	1,96
4	2,30	44	1,00
5	2,84	42	1,19
6	3,73	42	1,57
Média	4,15	43	0,90

Fonte: Bassanelli, 2013

Os valores da biomassa seca das partes aéreas e raízes, percentuais de carbono e o total de carbono ficaram abaixo dos valores observados por Sá e Oliveira (2006) e Magalhães et al. (2007), possivelmente devido a variações no solo, clima e manejo.

A densidade do solo e o estoque de carbono no solo da área de pastagem com *Brachiaria decumbens* estão apresentados na Tabela 4, verifica-se que o teor de carbono diminui com a profundidade do solo e a maior quantidade de carbono 55,39 Mg ha⁻¹ foi determinado na camada superficial de 0-20 cm. E na camada de 20-40 cm a quantidade de carbono foi igual a 34,16 Mg ha⁻¹, na de 40-60 cm foi de 25,50 Mg ha⁻¹, na de 60-80 cm foi de 17,25 Mg ha⁻¹ e na de 80 a 100 cm foi 15,70 Mg C ha⁻¹.

A quantidade de carbono determinada na camada de 0-20 cm de profundidade no presente estudo foi similar às verificadas por Pulrolnik et al. (2009) que encontraram 45,83 Mg ha⁻¹ em pastagens ocupadas por gramíneas e por Rosendo e Rosa (2012) que quantificaram cerca de 43,92 Mg ha⁻¹ na camada superficial da pastagem.

Tabela 4. Estoque de carbono no solo de pastagens com *Brachiaria decumbens*.

<i>Profundidade</i>	<i>Carbono</i>	<i>Densidade</i>	<i>Massa</i>	<i>Carbono</i>
(cm)	(g kg ⁻¹)	(g cm ⁻³)	------(Mg ha ⁻¹)-----	
0-20	27,15	1,02	2,04	55,39
20-40	14,98	1,14	2,28	34,16
40-60	11,18	1,14	2,28	25,50
60-80	7,43	1,16	2,32	17,25
80-100	6,77	1,16	2,32	15,70
Total	67,51	5,67	11,24	148,00

Fonte: Bassanelli (2013).

Estoque de carbono na biomassa de eucalipto

Na Tabela 5 estão apresentados os valores da biomassa seca, percentual de carbono e quantidade de carbono determinando em árvores de *Eucalyptus urograndis* (Clone 1) com altura média igual a 17,77m e um diâmetro médio de 11 cm, verifica-se que o lenho é o compartimento que apresenta a maior quantidade de biomassa seca, seguida pelas raízes, casca, galhos, folhas e manta de serrapilheira.

O percentual de carbono determinado nos componentes da biomassa ficou acima de 50%, sendo as raízes e os galhos os compartimentos com maior percentual de carbono e o

menor percentual foi verificado na casca e o total de carbono foi igual a 62,90 Mg ha⁻¹. Esses valores de carbono ficaram abaixo do observado por Silva (2006), que constatou cerca de 47,7 Mg ha⁻¹ na parte aérea, 14,7 Mg ha⁻¹ nas raízes e 8,7 Mg ha⁻¹ na manta de serapilheira, perfazendo um total de 71 Mg ha⁻¹ no reflorestamento de *Eucaliptus grandis* com seis anos de idade.

A maior quantidade de carbono total expresso em Mg ha⁻¹ foi determinado no lenho com 38,66 Mg ha⁻¹, esse valor corresponde a 61,46% do total do carbono presente na biomassa, depois foi o das raízes com 12,73 Mg ha⁻¹, o equivalente a 20,24% e a parte aérea com 10,35 Mg ha⁻¹ correspondendo a 16,45% do total de carbono estocado na biomassa do eucalipto.

Tabela 5. Total de biomassa seca da parte aérea e raízes, percentual de carbono e quantidade de carbono total determinado na biomassa do *Eucaliptus urograndis* (Clone 1).

<i>Componentes</i>	<i>Biomassa</i>	<i>Carbono</i>	
	(Mg ha ⁻¹)	(%)	(Mg ha ⁻¹)
Folha	4,18	52,33	2,19
Lenho	74,20	52,10	38,66
Galho	6,14	53,11	3,30
Casca	9,50	51,13	4,86
Manta	2,02	51,63	1,04
Raízes	23,77	53,57	12,73
Diâmetro < 4cm	0,22	52,73	0,12
Total	120,04	52,47	62,98

Fonte: Bassanelli (2013).

Os valores da biomassa, percentual de carbono e quantidade de carbono no reflorestamento de *Eucaliptus urograndis* (Clone 2) com 25,2m de altura e diâmetro de 15 cm estão apresentados na Tabela 6. Percebe-se que os valores apresentados são maiores que aqueles da Tabela 6, isso se deve ao fato de que as árvores deste reflorestamento com *Eucaliptus urograndis* (Clone 2) apresentaram altura e diâmetro superiores às árvores do reflorestamento com *Eucaliptus urograndis* (Clone 1).

Analisando a Tabela 6, observa-se que o lenho é o compartimento com maior volume de biomassa seca, percentual de carbono e quantidade de carbono por hectare. A parte aérea (Folhas, lenho, cascas e galhos) da planta possui 115,49 Mg de carbono ha⁻¹ (87,44%), sendo

que 76,84% é referente ao lenho. A parte radicular apresentou 17,63 Mg de carbono ha⁻¹ (13,34%) e o total de carbono ficou em 132,07 Mg ha⁻¹.

Tabela 6. Total de biomassa seca da parte aérea e raízes, percentual de carbono e quantidade de carbono total determinado na biomassa do *Eucalyptus urograndis* (Clone 2).

<i>Componentes</i>	<i>Biomassa</i>	<i>Carbono</i>	
	(Mg ha ⁻¹)	(%)	(Mg ha ⁻¹)
Folha	2,71	52,23	1,41
Lenho	183,42	55,33	101,49
Galho	7,33	54,57	4,00
Casca	16,18	53,07	8,59
Manta	4,42	51,33	2,27
Raízes	32,75	53,83	17,63
Diâmetro < 4cm	0,15	53,97	0,08
Total	246,96	53,48	132,07

Fonte: Bassanelli, 2013

Entre todos os componentes da planta analisados, os maiores estoques de carbono foram determinados no lenho e nas raízes dos Clones de *Eucalyptus urograndis*.

Comparando os estoques de carbono por hectare entre as Tabelas 6 e 7, observa-se que o Clone 2 apresentou quase o dobro do carbono encontrado na área reflorestada com o Clone 1, isso ocorreu devido ao maior porte das árvores do Clone 2.

A Tabela 7 apresenta o resultado da média entre os valores encontrados nos dois Clones, nota-se que o lenho contribui com 1,80 Mg de carbono ha⁻¹ (72,0%), seguido das raízes 15,18 Mg de carbono ha⁻¹ (15,6%), casca com 6,72 Mg de carbono ha⁻¹ (6,9%), galhos com 3,65 Mg de carbono ha⁻¹ (3,8%), folhas com 1,80 Mg de carbono ha⁻¹ (1,9%), manta com 1,66 Mg de carbono ha⁻¹ (1,7%) e acima dos 4 cm de diâmetro 0,10 Mg de carbono ha⁻¹ (0,1%). O total de carbono encontrado na árvore de eucalipto apresentou a seguinte distribuição: tronco 78%, copa 6% e raízes 16%. Esses resultados estão similares aos valores observados por Brasil (2006), que encontrou 63% de carbono no tronco e 37% na copa e raízes, e Silva (2006), que constatou 81% no tronco, 8% nas cascas, 7,7% nos galhos e 2,6% nas folhas. Já Paixão et al. (2006) encontraram 47,7 Mg carbono ha⁻¹ na parte aérea da planta, 14,71 Mg carbono ha⁻¹ nas raízes e 8,72 Mg carbono ha⁻¹ na manta, totalizando 71,13 Mg carbono ha⁻¹.

Gatto et al. (2010) verificaram um total de 91,60 Mg de carbono ha⁻¹, valor próximo a 97,48 Mg ha⁻¹ apresentado na Tabela 7, também o resultado de carbono na manta foi similar ao verificado por Witschoreck e Schumacher (2004). Com relação ao carbono estocado na parte radicular, o valor médio foi de 15,18 Mg ha⁻¹, esse valor ficou acima das quantidades de 8,89 Mg ha⁻¹ e 11,49 Mg h⁻¹ verificadas por Schumacher e Witschoreck (2004) e Gatto et al. (2010), respectivamente.

Tabela 7. Somatório do total de biomassa seca da parte aérea e raízes, percentual de carbono e quantidade de carbono total determinado na biomassa do *Eucaliptus urograndis* (Clone 1) e *Eucaliptus urograndis* (Clone 2).

<i>Componentes</i>	<i>Biomassa</i>		<i>Carbono</i>
	(Mg ha ⁻¹)	(%)	(Mg ha ⁻¹)
Folha	3,45	52,28	1,80
Lenho	128,81	53,72	70,08
Galho	6,74	54,17	3,65
Casca	12,84	52,10	6,72
Manta	3,22	51,48	1,66
Raízes	28,26	53,70	15,18
Diâmetro < 4cm	0,19	53,35	0,10
Total	183,50	52,97	97,48

Fonte: Bassanelli, 2013.

O percentual de carbono orgânico determinado em diferentes profundidades do solo das áreas de reflorestamento com *Eucaliptus urograndis* (Clone 1) e *Eucaliptus urograndis* (Clone 2) estão apresentados na Tabela 8. Nota-se que os valores de carbono orgânico tendem a diminuir com a profundidade do solo e os maiores valores foram determinados na camada superficial. No solo reflorestado com o Clone 1, 38% do carbono está na camada de 0-20 cm, 22% na camada de 20-40 cm, 16% na camada 40-60 cm, 13% na camada de 60-80 cm e 12% na camada de 80 a 100 cm. E com o Clone 2, 33% do carbono orgânico está na camada de 0-20 cm, 24% na camada de 20-40 cm, 18% na camada 40-60 cm, 13% na camada de 60-80 cm e 11% na camada de 80 a 100 cm.

De acordo com Machado (2005), o teor de carbono orgânico no solo diminui com o aumento da profundidade e que mais de 80% do carbono orgânico está nos 50 cm superficiais,

pois nos horizontes superficiais há uma tendência de acúmulo de material vegetal, além da entrada de matéria orgânica na superfície do solo.

Tabela 8. Percentual de carbono orgânico em diferentes camadas de solo reflorestado com *Eucalyptus urograndis* Clones 1 e 2.

<i>Profundidade</i>	<i>Clone 1</i>	<i>Clone 2</i>
(cm)	------(%)-----	
0-20	2,46	2,15
20-40	1,43	1,57
40-60	1,01	1,16
60-80	0,81	0,85
80-100	0,77	0,70

Fonte: Bassanelli (2013).

Para se calcular a quantidade carbono contido no solo é necessário que se determine a densidade do solo, profundidade e teores de carbono orgânico. Os solos com maiores teores de matéria orgânica possuem densidades menores ($0,90 \text{ g cm}^{-3}$), já os solos arenosos podem ter densidades superiores a $1,50 \text{ g cm}^{-3}$. A densidade também varia em função da profundidade do solo, assim em plantações de eucalipto em um Cambissolo Distrófico, Gatto et al. (2010) encontraram uma densidade de $1,08 \text{ g cm}^{-3}$ nos primeiros 20 cm, $1,13 \text{ g cm}^{-3}$ de 20 – 40 cm, $1,14 \text{ g cm}^{-3}$ de 40 – 60 cm e $1,16 \text{ g cm}^{-3}$ de 60 – 100 cm. Tendo como base o teor de carbono orgânico e a densidade do solo, Bassanelli (2013) realizou a estimativa de carbono existente no solo reflorestado com *Eucalyptus urograndis* Clones 1 e 2 (Tabela 9).

Tabela 9. Estoque de carbono no solo plantado com eucalipto Clone 1 e Clone 2.

<i>Profundidade</i>	<i>Carbono</i>	<i>Densidade</i>	<i>Massa</i>	<i>Carbono</i>
(cm)	(g kg^{-1})	(g cm^{-3})	-----(Mg ha^{-1})-----	
0-20	23,01	1,08	2,16	49,70
20-40	14,98	1,13	2,26	33,86
40-60	10,83	1,14	2,28	24,68
60-80	8,31	1,16	2,32	19,29
80-10	7,35	1,16	2,32	17,04
Total	64,03	6,11	11,34	144,57

Fonte: Bassanelli, 2013.

No eucalipto, o carbono presente no solo diminuiu com a profundidade e na camada de 0-20 cm foi determinada a maior quantidade de carbono (49,70 Mg ha⁻¹), o que equivale a 34,4% do total de carbono do solo. Na camada seguinte houve uma redução de 11%, em relação à camada anterior, com valor igual a 33,86 Mg ha⁻¹. Na camada de 40 a 60 cm o valor de carbono reduziu em 6,3% em relação à camada de 20 a 40 cm e possui o equivalente a metade da quantidade de carbono determinado na profundidade de 0-20 cm do solo. Na camada de 60-80 cm foi quantificado 19,29 Mg ha⁻¹ e na de 80-100 cm o valor foi de 17,04 Mg ha⁻¹, correspondendo a 13,3% e 11,8% do total de carbono existente no solo.

A quantidade de carbono total determinado no solo da área com eucalipto foi de 144,57 Mg ha⁻¹ (Tabela 9), esse valor é similar aos relatados por Pulrolnik et al. (2009), que encontraram 152,45 Mg ha⁻¹ e Gatto et al. (2010), que verificaram em diversas plantações de eucalipto uma média de 135,65 Mg ha⁻¹, sendo o maior valor de 168,40 Mg ha⁻¹ e o menor 93,96 Mg ha⁻¹.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando os sistemas de manejo da pastagem com e sem adubação, ficou evidenciado que o eucalipto apresentou um melhor desempenho no sequestro de carbono da pastagem para os dois Clones analisados.

A produtividade anual do Clone 1 foi de 15,72 Mg de carbono ha⁻¹ ano⁻¹, já a do Clone 2, plantado em 2003, foram estimadas em 13,20 Mg de carbono ha⁻¹ ano⁻¹. No solo sob eucalipto foi estimado um valor de 144,58 Mg de carbono ha⁻¹. Na pastagem de *Brachiaria decumbens* foram estimadas 1,82 Mg de carbono ha⁻¹ ano⁻¹ na biomassa aérea, no solo sob pastagem estimou-se 147,99 Mg carbono ha⁻¹.

Em resumo, incluindo o carbono orgânico total (biomassa aérea, subterrânea e no solo) foram estimados um total de 207,48 Mg de carbono ha⁻¹ para o Clone 1, 276,65 Mg de carbono ha⁻¹ para o Clone 2 e 149,81 Mg de carbono ha⁻¹ para a área ocupada com pastagem. Dessa forma, houve um sequestro adicional de 126,84 Mg de carbono ha⁻¹ entre eucalipto (Clone 2, mais velho) e a pastagem. O Clone 1, mais novo sequestrou 57,67 Mg de carbono ha⁻¹ a mais do que a pastagem, considerando a mudança da matriz de uso de pastagem para eucalipto e características similares do solo.

A substituição em áreas de pastagens pelo eucalipto aumentaria o estoque de carbono na biomassa em longo prazo, o eucalipto contribuiria para aumentar o sequestro de carbono,

constituindo-se em uma alternativa para a mitigação do efeito estufa, desde que a área permaneça com eucalipto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AREVALO, L. A.; ALEGRE, J. C.; VILCAHUAMAN, L. J. M. **Metodologia para estimar o estoque de carbono em diferentes sistemas de uso da terra**. Colombo: Embrapa Florestas – Documento 73, 2002.

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. **Revista Ambiente Água**, Taubaté. v. 5, n. 3, p. 133-146, 2010.

BALBINOT, R., VALÉRIO, A. F.; SANQUETTA, C. R., CALDEIRA, M., SILVESTRE, R. Estoque de carbono em plantações de Pinus spp. em diferentes idades no sul do estado do Paraná. **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 38, n. 2, abr./jun. 2008.

BATISTA, G. T. (coord). Relatório técnico complementar: **Projeto comportamento da água no solo sob cobertura vegetal de eucalipto e de essências florestais nativas**. CNPq – Processo 480990/2007-7. Edital MCT/CNPq 15/2007 – Universal Seleção Pública de Projetos de Pesquisa Científica, Tecnológica e Inovação, 2010.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Ministério das Relações Exteriores. **Protocolo de Quioto**: convenção - quadro das Nações Unidas sobre mudança do clima. Brasília, DF, 1997. Disponível em: <http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/Protocolo_Quioto.pdf>. Acesso em 28 mar. 2012.

BRACELPA (Associação Brasileira de Celulose e Papel). **Dados do setor**. Disponível em: <<http://www.bracelpa.org.br/bra2/sites/default/files/estatisticas/booklet.pdf>>. Acesso em 20 ago. 2013.

CERRI, C. C.; BERNOUX, M.; CERRI, C. E. P.; LAL, R. Challenges and opportunities of soil carbon sequestration in Latin America. In: LAL, R.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M.; ETCHEVERS, J.; CERRI, C. E. P. Carbon sequestration in soils of Latin America. New York: Haworth, 2006.

CRISPIM, S.M.A.; BRANCO, O.D. **Aspectos gerais das Braquiárias e suas características na subregião da Nhecolândia**, Pantanal, MS, Corumbá: Embrapa Pantanal, 2002.

DEMARCHI, J. J. A. de A. **Recuperação de Áreas Degradadas e Desenvolvimento de Sistemas Integrados de Produção Agropecuária**. Disponível em: <http://www.revistacoopercitrus.com.br/forum/arquivos/Palestra_AREAS_DEGRADADAS_NO_ESTADO_DE_SAO_PAULO.pdf>. Acesso em 20 out. 2012.

DRUGOWICH, M. I.; SAVASTANO, S.; SAVASTANO, S. A. A. L. **Erosão em pastagens sob pecuária leiteira e mista no Estado de São Paulo**. Disponível em: <<http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa>>. Acesso em 30 ago. 2012.

FEARNSIDE, P. M.; GUIMARÃES, W. M. Carbon uptake by secondary forests in Brazilian Amazonia. **Forest Ecology and Management** 80, p. 335-46, 1996

GATTO, A.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; SILVA, I. R.; LEITE, H. G.; LEITE, F. P. et al. Estoques de carbono no solo e na biomassa em plantações de eucalipto, **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, v. 34, p. 1069-1079, 2010.

GOEDERT, W.J. Região dos Cerrados: Potencial agrícola e política para seu desenvolvimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 24, p.1-17, 1989.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Agropecuária - censo agropecuário**. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/brasil_2006/default.shtm>. Acesso em 02 nov. 2013.

_____. Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura; 2015. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=5930&z=p&o=30&i=P>>. Acesso em 07 jul. 2016 .

IMHOFF, S.; SILVA, A. P.; TORMENA, C. A.. Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1493-1500, jul. 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2000000700025&lng=en&nrm=iso>. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2000000700025>>. Acesso em 10 nov. 2013.

IPEF – Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. Disponível em: <<http://www.ipef.br>>. Acesso em 30 ago. 2012.

MACHADO, P. L. O. A. Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 329-334, 2005. Disponível em: <<http://quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/2005/vol28n2/25-DV04211.pdf>>. Acesso em 23 mar. 2013.

MAGALHÃES, A. F.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; SILVA, F. S.; SOUZA, R. S. Influência do nitrogênio e do fósforo na produção do capim-braquiária. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 5, p.1240-1246, 2007.

MARENGO, 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. MMA, Brasília, 2006. 212p.

NASCIMENTO Jr., D. Ecossistemas de pastagens cultivadas. In: PEIXOTO; A. M., MOURA, J. C.; FARIA, V. P. (Org.). **Manejo de pastagens tifton, coastcross e estrela**. Piracicaba: FEALQ, 1998. v. 1, p. 271-296.

NOBRE, C. A.; NOBRE, A. **O balanço de carbono da Amazônia brasileira**. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010340142002000200006&script=sci_arttext&lng=es>. Acesso em 04 fev. 2012.

PAIXÃO, F. A.; SOARES, C.P.B.; JACOVINE, L. A. G.; SILVA, M. L. S.; LEITE, H. G.; SILVA, G. F. Quantificação do estoque de carbono e avaliação econômica de diferentes alternativas de manejo em um plantio de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 30, n. 3, p. 399-410, 2006.

PRYOR, L. Eucalyptus. In: HALEVY, A. H. **CRC Handbook of Flowering**. Boca Raton: Franklin Book Company, Incorporated. 1985.

PULROLNIK, K.; BARROS, N. F.; SILVA, I. R.; NOVAIS, R. F.; BRANDANI, C. B. Estoques de carbono e nitrogênio em frações lábeis e estáveis da matéria orgânica de solos sob eucalipto, pastagem e cerrado no Vale do Jequitinhonha - MG. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 5, out. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832009000500006&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 15 out. 2013.

ROSENDO, J. S.; ROSA, R. Comparação do estoque de C estimado em pastagens e vegetação nativa de Cerrado. **Soc. nat.**, Uberlândia, v. 24, n. 2, ago. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1982-45132012000200014&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 19 out. 2013.

SÁ, M. E.; OLIVEIRA, S. A. Produção de *Brachiaria decumbens* em função da cultura antecessora e das adubações nitrogenada e fosfatada. **Científica**, Jaboticabal, v. 34, n. 2, p.178-187, 2006

SILVEIRA, P.; KOEHLER, H. S.; SANQUETTA, C. R.; ARCE, J. E. O estado da arte na estimativa de biomassa e carbono em formações florestais. **Revista Floresta**, v. 38, n. 1, p.185-206, 2008

SILVA, G. F. Quantificação do estoque de carbono e avaliação econômica de diferentes alternativas de manejo em um plantio de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 30, n.3, jun. 2006.

SOARES FILHO, C.V. Recomendações de espécies e variedades de *Brachiaria* para diferentes condições. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 11, 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 25-48.

VALLE, L. C. S.; VALÉRIO, J. R.; SOUZA, O. C.; FERNANDES, C. D.; CÔRREA, E. S. Diagnóstico de morte de pastagens nas regiões leste e nordeste do Estado de Mato Grosso. **Embrapa Gado de Corte**, Campo Grande, 2000. p.13. 97.

WITSCHORECK R, SCHUMACHER M. V. Estimativa do carbono da serapilheira em florestas de eucalipto de diferentes idades. In: **Anais do 8º Congresso Florestal Estadual de Nova Prata**; 2000; Nova Prata. Nova Prata; 2000.

YU, C. M. **Sequestro florestal de carbono no Brasil** – dimensões políticas, socioeconômicas e ecológicas. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e **Desenvolvimento**) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

Sequestro de Carbono Florestal nas Áreas de Reserva Legal em Propriedades Rurais

Eliseu Ribeiro de Sousa ⁽¹⁾

Júnior Alexandre Moreira Pinto ⁽¹⁾

1 INTRODUÇÃO

A elevação da temperatura média global e os efeitos por ela causados têm despertado a preocupação de boa parte da população mundial. O aquecimento global é considerado um dos principais problemas ambientais da atualidade, tendo em vista que afeta indistintamente todos os habitantes do planeta. Seja por questões naturais, através da variação natural de temperatura, seja por questões antropogênicas, através do aumento vertiginoso da emissão de gases do efeito estufa nas últimas décadas, o resultado é que o aquecimento global é um fato, requerendo do homem ações práticas para a minimização destes efeitos. Nesse contexto, com a situação climática e ambiental finalmente preocupando o homem moderno, iniciou-se um ciclo de discussões e comprometimento global, sendo a mais importante delas o Protocolo de Kyoto, realizado em 1997 e que entrou em vigor em 2005, ~~que~~ teve por resultado o compromisso dos países signatários, para a ~~de~~ redução de emissão dos gases do efeito estufa em 5,2%.

Analisando a diferença do nível de desenvolvimento e industrialização de alguns países signatários já se verificou desde a assinatura do protocolo que alguns países teriam maior dificuldade no cumprimento do pacto, assim como se verificou que em outros países tal percentual seria ultrapassado, por conta do nível de preservação e da existência de grandes áreas verdes preservadas, responsáveis pela neutralização do carbono.

Verificado o déficit de uns e crédito de outros, e sendo inegável que as maiores práticas para a preservação do meio ambiente precisam apresentar um viés econômico, criou-se um mecanismo para que os países com maior dificuldade de atingirem a meta de redução, pudessem certificar suas reduções de emissões sem necessariamente ser com ações internas, surgindo a possibilidade de se negociar esses créditos para compensar os déficits, iniciando com o Protocolo de Kyoto, o Mercado de Créditos de Carbono.

⁽¹⁾ 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: junior@moreirapinto.com.br

Foi a partir deste contexto que a variável ambiental passou a ser considerada como efetivamente importante no ambiente de negócios e na perspectiva de investimentos, de forma que investir em controles ambientais tornou-se economicamente mais atrativo (SEIFFERT, 2009).

Este mercado já movimenta milhões de dólares no mundo, porém no Brasil ainda é modesto tendo em vista a falta de uma legislação nacional acerca da redução de emissão de gases, o que se dá atualmente apenas pela questão do marketing, pois as empresas que neutralizam suas emissões as fazem apenas por uma questão de reconhecimento como uma empresa “limpa” ou ecologicamente correta e não por obrigação. Ocorre que tal mercado, mesmo após 08 (oito) anos de sua implantação, ainda é, de forma mercadológica, restrito a grandes projetos, geralmente voltados à imobilização de GEE de forma geológica ou abiótica, ou em projetos de redução de emissões GEE. Uma das formas de redução de emissão de GEE é através do sequestro do carbono, mas por estar sempre associado a projetos de florestamento ou reflorestamento se mostravam pouco atrativos do ponto de vista de investimentos.

A módica divulgação comercial do tema é um fator para a pouca expressão do mercado nacional do carbono, tendo em vista que quem mais poderia lucrar com a venda de seus créditos de carbono sem a necessidade de maiores investimentos, como os proprietários de terra que possuem grandes reservas ambientais, simplesmente desconhecem o assunto.

Observando a possibilidade de aplicação do sequestro de carbono florestal como meio compensador de emissão dos GEE que gera créditos de carbono e a abundância de áreas de floresta em propriedades rurais, principalmente na região amazônica com uma reserva legal de 80% (oitenta por cento), verifica-se que as áreas de reserva legal das propriedades rurais no Brasil são potenciais geradoras de crédito de carbono que podem ser certificados e negociáveis no mercado internacional de carbono, gerando renda extra ao produtor rural, incentivando-o, além da obrigatoriedade legal, a manter sua reserva legal intacta e talvez até ampliando-a, se a comercialização do carbono se mostrar mais atrativa que a atividade rural desenvolvida.

2 DESENVOLVIMENTO

O efeito estufa e as mudanças climáticas

Diferente do que aparenta para a maioria da população, o efeito estufa é, além de benéfico, necessário para a vida na terra, pois é este fenômeno natural que mantém a temperatura da terra acima do que seria na ausência de atmosfera, permitindo assim que

ocorra a vida da forma como a conhecemos. Se não houvesse o efeito estufa, a temperatura média da terra seria de -18° (dezoito graus negativos), ao invés dos 15° (quinze graus) que temos hoje (CPTEC/INPE, 2012).

Como o próprio nome sugere, agindo como uma estufa, os gases do efeito estufa (GEE) retêm parte da irradiação recebida do sol, transformando-a em calor e mantendo a terra aquecida. Entre os gases do efeito estufa, os mais relevantes são o vapor de água (H_2O) e o dióxido de carbono (CO_2). Ocorre que, com a emissão adicional de gases do efeito estufa na atmosfera por fontes antrópicas, a camada desses gases fica mais densa, ampliando a capacidade de absorção dessa camada, que passa a armazenar calor além do natural, causando o aquecimento global.

Estas mudanças climáticas antropogênicas estão associadas ao aumento da poluição, queimadas, desmatamento e a formação de ilhas de calor nas grandes cidades. A partir do final do século XIX e no século XX, houve uma expansão na produção industrial e um aumento de poluentes na atmosfera que intensificaram o efeito estufa, causando o aumento da temperatura média da terra, também chamado de aquecimento global (CPTEC/INPE, 2012). Diferente da atuação natural do efeito estufa, o aquecimento global é preocupante por conta de sua amplitude e consequências ao meio ambiente, sendo a maior ameaça ambiental da atualidade, causando aumento no nível da água do mar e inundações, alteração dos ecossistemas, maior frequência de ocorrência de fenômenos extremos, entre outros (ARAÚJO, 2010).

Protocolo de Kyoto

Não é recente a informação científica de que a ação do homem, na utilização inconsciente dos recursos naturais, contribui para a degradação do meio ambiente natural. Segundo Seiffert (2009):

O clube de Roma publicou, em 1972, um relatório denominado “Os Limites do Crescimento” (Limits to Grow), elaborado por Dennis Meadows e outros, onde, por meio de simulações matemáticas, foram feitas as projeções do crescimento populacional, nível de poluição e esgotamento dos recursos naturais da Terra. O relatório previa que as tendências que imperavam até então conduziram a uma escassez catastrófica dos recursos naturais e a níveis perigosos de contaminação num prazo de 100 anos.

Após a publicação da referida obra, o conceito de sustentabilidade e a ameaça ao meio ambiente natural vieram à tona, tornando-se impossível não serem discutidas na primeira Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo na Suécia, em 1972, que traçou um panorama jurídico mais específico na tentativa

de uma efetiva proteção ao meio ambiente, resultando numa declaração de vinte e seis princípios conhecida como a Declaração de Estocolmo.

A partir de então, diversas foram as reuniões internacionais acerca da temática ambiental com o intuito de monitorar e mitigar as ações antropogênicas com potencial de degradação do meio ambiente. Em 1988, em Toronto, foi criado formalmente o Painel Intergovernamental de Mudança Climática (International Panel on Climate Change – IPCC), com o fito de elaborar estudos das mudanças climáticas e, quando da apresentação de seus primeiros relatórios, em 1990, foi criado o Comitê Intergovernamental de Negociação para a Convenção-Quadro das Nações Unidas Sobre Mudança do Clima da ONU. Em 1992, foi realizada a ECO 92, ou “Cúpula da Terra”, na cidade do Rio de Janeiro e, concomitante sua realização, ocorreu também a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (United Nation Framework Convention on Climate Change – UNFCCC).

No ano de 1995, a Conferência das Partes (COP), órgão supremo da Convenção de Mudança do Clima, reuniu-se pela primeira vez em Berlim, na Alemanha, e visou ao estabelecimento de metas mais amplas do que apenas a estabilização dos Gases Efeito Estufa (GEE). Em 1997, durante a COP3, foi estabelecido o Protocolo de Kyoto, tendo as nações industrializadas, constantes no Anexo A, comprometendo-se a reduzir suas emissões de GEE em 5,2% em relação às emissões de 1990, no período entre 2008 e 2012, assim como estabelecia ainda três mecanismos de flexibilização: O Comércio de Emissões, o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e a Implementação Conjunta (SEIFFERT, 2009). Apesar de estabelecido em 1997, o Protocolo de Kyoto ainda tramitou em discussão pelas COP4 a COP10, aguardando tratativas acerca de suas regras operacionais que foram estabelecidas somente na COP7, ocorrida em Marrakesh, no Marrocos, em 2001. Contudo, o marco do Protocolo de Kyoto foi a COP10 realizada em Buenos Aires, em 2004, quando a Rússia ratificou o protocolo, fazendo com que este entrasse em vigor, pois alcançava os 55% mínimos das partes elencadas no Anexo A, as quais são responsáveis por 55% das emissões de GEE. O Protocolo de Kyoto finalmente entrou em vigor em 16 de fevereiro de 2005. Para Araújo (2010), “O Protocolo tem como missão alcançar a estabilização da concentração de gases na atmosfera, reduzindo sua interferência no clima e, portanto, contribuindo para a sustentabilidade do planeta”.

As regras do protocolo de Kyoto

Sendo o Protocolo de Kyoto um acordo internacional ligado à Convenção, Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (United Nation Framework Convention on

Climate Change – UNFCCC), difere-se desta porque, enquanto a Convenção tratou da redução das emissões de GEE como recomendação e incentivo aos países industrializados, o Protocolo de Kyoto trata como regra.

Para isso, estabeleceu como meta para 37 países industrializados e a Comunidade Europeia reduzir as emissões dos gases que contribuem para o aumento da intensidade do efeito estufa em 5,2%, no período de 2008 a 2012, em relação aos níveis existentes em 1990. Os países obrigados pelo Protocolo de Kyoto são apenas os listados no Anexo A, que relaciona os países desenvolvidos. Os países em desenvolvimento como Brasil, China e Índia, podem participar do acordo voluntariamente não sendo ainda obrigados. Sobre as responsabilidades na execução do Protocolo de Kyoto, levando em consideração que os países desenvolvidos são os principais responsáveis pelo elevado nível atual de emissões de GEE na atmosfera, como resultado de suas atividades industriais ao longo dos dois últimos séculos, o Protocolo diferencia esta responsabilidade, atribuindo maiores obrigações a estes signatários. Conforme Seiffert (2009):

O conceito básico acertado para Kyoto é o da responsabilidade comum, porém diferenciada, o que significa que todos os países têm responsabilidade no combate ao aquecimento global, porém aqueles que mais contribuíram historicamente para o acúmulo de gases na atmosfera têm uma obrigação maior de reduzir suas emissões.

O segundo ciclo de compromissos do protocolo de Kyoto

O Protocolo de Kyoto tinha como termo final a data de 31 de dezembro de 2012, porém foi prorrogado ("o que é chamado de segundo período de compromissos") até 2017 ou 2020, data a ser discutida nas próximas Conferências das Partes (COP). O Protocolo de Kyoto teve seu período de validade estendido pela COP17, realizada em Durban, na África do Sul, entre 28 de novembro de 2011 e 11 de dezembro de 2011, sendo a mais longa Conferência das Partes já realizada, tendo como principal resultado, além da prorrogação do Protocolo de Kyoto, a promessa de que todas as nações serão obrigadas a limitar a liberação de gases do efeito estufa a partir da próxima década.

Pela primeira vez na história todos os países concordaram em assumir metas de emissões, porém apenas a partir de 2020, por um instrumento que substituirá o Protocolo de Kyoto e que será apresentado até 2015, para ser ratificado até 2020.

O conjunto de acordos obtidos na COP17 recebeu o nome de Plataforma de Durban e traça um roteiro para o novo acordo global, assim como consolida e estabelece o mecanismo

que deve reger o Fundo Climático Verde para o Clima, que disponibilizará verbas para ações de mitigação e adaptação às mudanças climáticas.

Proteção jurídica ao meio ambiente

A qualidade do meio ambiente influi na qualidade da vida. Assim como a utilização irracional e desmedida dos recursos ambientais como fonte de produção e consumo, em razão dos modelos econômicos em curso, se fez e ainda se faz a custo da destruição do meio ambiente (MIRANDA, 2010).

Sabendo que o meio ambiente influi na qualidade de vida, é preciso refletir acerca da seguinte problemática: o que ocorrer de negativo com o meio refletirá sobre as partes integrantes deste mesmo meio. E, no tocante à sadia qualidade de vida, ensina Machado (2006) que, “só pode ser conseguida e mantida se o meio ambiente estiver ecologicamente equilibrado. Ter uma sadia qualidade de vida é ter um meio ambiente não poluído”. Eis a razão para a defesa do meio ambiente.

O alerta para os riscos advindos do mau uso do patrimônio ambiental sempre foi objeto de discussão, entretanto de forma muito tímida pelo Direito. Somente em 1972, em Estocolmo, na Suécia, começou a ser traçado um panorama jurídico mais específico na tentativa de uma efetiva proteção ao meio ambiente no mundo. Nesta linha, o Brasil avançou com a Política Nacional do Meio Ambiente, em destaque na Lei nº 6.938/81, ressaltando a necessidade de preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida em consonância com a busca pelo desenvolvimento socioeconômico do país. A referida lei conceituou o meio ambiente como: “conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas” (Artigo 3º, Lei nº 6.938/81).

A partir da Política Nacional do Meio Ambiente, as questões ambientais passaram a ser tema de grande relevância a ponto de serem inseridas na Constituição Federal. As Constituições anteriores à de 1988 muito pouco dispuseram a respeito do meio ambiente, além de que suas disposições encontravam-se de forma dispersa ao longo de seus textos, mas em 1988, com a promulgação da atual Constituição Federal, um capítulo próprio foi inserido no Título da “ordem social”, e o artigo 225 prescreve que:

Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

Essa Constituição também avançou no sentido de apontar a defesa do meio ambiente como princípio da ordem econômica que se coloca como instrumento eficaz de concretização dos objetivos almejados na ordem social. Neste sentido prescreve o art. 170, inciso VI, da Constituição da República:

Art. 170. A ordem econômica, fundada na valorização do trabalho humano e na livre iniciativa, tem por fim assegurar a todos existência digna, conforme os ditames da justiça social, observados os seguintes princípios:

VI - defesa do meio ambiente, inclusive mediante tratamento diferenciado conforme o impacto ambiental dos produtos e serviços e de seus processos de elaboração e prestação.

Como se vê, a proteção ambiental está arraigada no sistema jurídica brasileiro, como direito fundamental da ordem social e como princípio da ordem econômica.

A reserva legal

Reserva Legal é a área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa (Artigo 3º, III, Lei nº 12.651/12). Por abrigar parcela representativa do ambiente natural da região onde está inserida, esta área, dentro da propriedade rural, é necessária à manutenção da biodiversidade local, devendo ser preservada pelo proprietário.

A Reserva Legal tem como fundamento constitucional, a função socioambiental da propriedade, e do outro, como motor subjetivo preponderante, as gerações futuras; no plano ecológico (sua razão material), justifica-se pela proteção da biodiversidade (ANTUNES, 2005).

O primeiro conceito de Reserva Legal surgiu em 1934, com o Decreto nº 23.793, de 23 de janeiro de 1934, o primeiro Código Florestal, tendo sido atualizado em 1965, na Lei Federal nº 4.771, que dividia as áreas a serem protegidas de acordo com as regiões, e não pelo tipo de vegetação como é na legislação atual.

A legislação atual, Lei nº 12.651/12, em seu artigo 12, quantifica que o percentual da propriedade que deve ser registrado como Reserva Legal varia de acordo com o bioma e a região em questão:

Art. 12. Todo imóvel rural deve manter área com cobertura de vegetação nativa, a título de Reserva Legal, sem prejuízo da aplicação das normas sobre as Áreas de Preservação Permanente, observados os seguintes percentuais mínimos em relação à área do imóvel, excetuados os casos previstos no art. 68 desta Lei:

I - localizado na Amazônia Legal:

- a) 80% (oitenta por cento), no imóvel situado em área de florestas;
- b) 35% (trinta e cinco por cento), no imóvel situado em área de cerrado;
- c) 20% (vinte por cento), no imóvel situado em área de campos gerais;

II - localizado nas demais regiões do País: 20% (vinte por cento).

A área de Reserva Legal deverá ser registrada no órgão ambiental competente por meio de inscrição no CAR de que trata o art. 29, sendo vedada a alteração de sua destinação, nos casos de transmissão, a qualquer título, ou de desmembramento, com as exceções previstas nesta Lei.

O registro da Reserva Legal cabe ao proprietário rural, devendo ser feito no órgão ambiental competente (estadual ou municipal) por meio de inscrição no Cadastro Ambiental Rural – CAR, sendo vedada a alteração de sua destinação, nos casos de transmissão, a qualquer título, ou de desmembramento, com as exceções previstas na Lei, e as especificidades para o registro da reserva legal vão depender da legislação de cada Estado (Artigo 18, Lei nº 12.651/12). Em regra, nas áreas de reserva legal é proibida a extração de recursos naturais, o corte raso, a alteração do uso do solo e a exploração comercial exceto nos casos autorizados pelo órgão ambiental via Plano de Manejo ou, em casos de sistemas agroflorestais e ecoturismo.

Mecanismos de desenvolvimento limpo

O MDL (Mecanismo de Desenvolvimento Limpo), do original Clean Development Mechanism (CDM), foi implementado a partir de uma proposta brasileira que previa a criação de um Fundo de Desenvolvimento Limpo (FDL) fomentado pela “penalidade” aos países desenvolvidos conforme sua contribuição para o aumento da temperatura global acima dos limites autorizados (ARAÚJO, 2010).

Analizando por analogia percebe-se a aplicação do princípio do “poluidor pagador”, sendo que o “pagamento” seria o financiamento de projetos de redução de emissão de GEE nos países em desenvolvimento, com verbas do FDL.

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo tem seu objetivo definido no Artigo 12 do Protocolo de Kyoto, qual seja, possibilitar que as Partes do Anexo I cumpram seus compromissos de redução de emissões propiciando, através da emissão de certificado de créditos de carbono, que os países menos industrializados atinjam o desenvolvimento sustentável (CONEJERO apud UNFCCC, 1997).

Artigos 12.2 e 12.3 do Protocolo de Kyoto (UNFCCC, 1997):

Artigo 12.2 - O objetivo do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo deve ser assistir às Partes não incluídas no Anexo I para que possam atingir o desenvolvimento sustentável e contribuam para o objetivo final da Convenção, e assistir às Partes incluídas no Anexo I para que cumpram seus compromissos quantificados delimitação e redução de emissões, assumidos no Artigo 3.

Artigo 12.3 - Sob o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo:

(a) as Partes não incluídas no Anexo I podem se beneficiar de atividades de projetos que resultem em reduções Certificadas de emissões; e,

(b) as Partes incluídas no Anexo I podem utilizar as reduções Certificadas de emissões, resultantes de tais atividades de projetos, para contribuir com o cumprimento de parte de seus compromissos quantificados de limitação e redução de emissões, assumidos no Artigo 3, como determinado pela Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo.

Dessa forma, o MDL se apresenta como uma alternativa coerente para realidades diferentes. Considerando que o impacto das emissões de GEE atingem indistintamente todas as regiões do planeta, os países desenvolvidos poderão investir em projetos de MDL a um custo bem menor nos países em desenvolvimento, recebendo da mesma forma os RCEs pela redução e utilizando os créditos obtidos para abater suas metas fixadas neste segundo período de vigência do Protocolo de Kyoto, preservando suas matrizes industriais e ganhando tempo para o desenvolvimento de alternativas energéticas limpas.

Mercado de créditos de carbono

O mercado de créditos de carbono surgiu no intuito de diminuir os custos da redução de emissão de GEE. Os países desenvolvidos, constantes do Anexo I, pelo nível de industrialização e sua intervenção na economia, dificilmente cumprirão as cotas estabelecidas pelo Protocolo de Kyoto, sendo que no Japão o custo da redução pode chegar a US\$ 584,00 por tonelada de CO₂ e em países em desenvolvimento podem chegar a menos de US\$ 100,00 por tonelada de CO₂ (CONEJERO, 2006). Portanto, considerando a redução de emissão de GEE deve ser em toneladas de CO₂ e não em dólares, o mercado de créditos de carbono surge como alternativa à redução direta de emissão pelos países desenvolvidos, buscando negociar a redução das emissões de dióxido de carbono dos países em desenvolvimento e, assim, auxiliando na mitigação das mudanças climáticas.

Mercado voluntário de créditos de carbono

O mercado de créditos de carbono também existe fora do contexto compulsório do Protocolo de Kyoto por meio dos programas voluntários de redução das emissões dos GEE.

Apesar de abarcar projetos de menor escala e que seriam inviáveis ou desinteressantes sob o ponto de vista de Kyoto, o mercado voluntário de carbono vem despertando grande

interesse econômico visto seu vertiginoso crescimento. De um faturamento de US\$ 99 milhões em 2006 o mercado voluntário de créditos de carbono passou para um faturamento de US\$ 705 milhões em 2008 e US\$ 387 milhões em 2009, com o crédito sendo negociado a um preço médio de US\$ 7,34/t CO₂ e em 2008 e US\$ 6,5/t CO₂ e em 2009.

O principal motor é o *boom* verde que ocorre entre as empresas norte-americanas, ou seja, o marketing ecológico. O mercado de carbono voluntário abrange todas as negociações de créditos de carbono e neutralizações de emissões de gases do efeito estufa (GEE), que são realizadas por empresas que não possuem metas sob o Protocolo de Kyoto e, por isso, são consideradas ações voluntárias (Instituto Carbono Brasil, 2012).

Desmatamento evitado e redução de emissões provenientes de desmatamento e degradação ambiental

A sigla REDD (Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal) nasceu durante a COP-13, em Bali, na Indonésia, em 2007, através do reconhecimento da função das florestas como basal para os esforços do combate aos efeitos das mudanças climáticas globais, e vai além de desmatamento evitado e recuperação de florestas, pois versa sobre conservação, manejo sustentável e aumento de estoques de carbono nas florestas. Trata-se da concepção de um mecanismo de compensação dos esforços de redução das emissões de carbono decorrentes da derrubada e queima das florestas, adotado para um conjunto de medidas, não só para a redução de desmatamento e degradação, mas também para fortalecer a conservação e a gestão sustentável das florestas (OBSERVATÓRIO DO REED, 2013).

As florestas, além da fotossíntese, fixam carbono no solo, que é liberado quando as árvores são derrubadas. Assim, a REED compensaria países em desenvolvimento por evitar emissões através do desmatamento. Cerca de 15% das emissões de gases que provocam o efeito estufa são originadas de desmatamentos e queimadas, o que demonstra o peso que estas reduções de emissões podem ter (MMA, BRASIL, 2013).

Conforme o conceito, os países em desenvolvimento possuidores de florestas tropicais, que conseguissem promover reduções das suas emissões nacionais provenientes de desmatamento aufeririam compensação financeira internacional correspondente às emissões evitadas (IPAM, 2013).

O direito à exploração econômica da reserva legal

A obrigatoriedade legal, já existente no Código Florestal e mantido pela Lei nº 12.727 em seu artigo 12, que obriga os proprietários de terras localizadas no bioma amazônico reservarem 80% (oitenta por cento) da área para uma reserva legal, diminui potencialmente o uso da propriedade para atividades como agricultura e pecuária.

Art. 12. Todo imóvel rural deve manter área com cobertura de vegetação nativa, a título de Reserva Legal, sem prejuízo da aplicação das normas sobre as Áreas de Preservação Permanente, observados os seguintes percentuais mínimos em relação à área do imóvel, excetuados os casos previstos no art. 68 desta Lei:

I - localizado na Amazônia Legal:

- a) 80% (oitenta por cento), no imóvel situado em área de florestas;
 - b) 35% (trinta e cinco por cento), no imóvel situado em área de cerrado;
 - c) 20% (vinte por cento), no imóvel situado em área de campos gerais;
- (Lei nº 12.651/2012)

Incentivados pela deficiência na fiscalização e pela falsa justificativa de que a utilização de apenas 20% (vinte por cento) de sua área é insuficiente para o desenvolvimento de sua atividade rural, muitos destes proprietários rurais avançam na reserva legal, desmatando florestas para a realização do comércio ilegal de madeiras e, após, incorporam a área desmatada a sua área utilizável, estando permanentemente na ilegalidade.

Segundo o IMAZON - Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia, o desmatamento acumulado no período de agosto de 2012 a maio de 2013 totalizou 1.654 quilômetros quadrados, em todo o Brasil. Houve aumento de 89% em relação ao período anterior (agosto de 2011 a maio de 2012) quando o desmatamento somou 873 quilômetros quadrados. A degradação florestal acumulada no período (agosto 2012 a maio 2013) atingiu 1.293 quilômetros quadrados. O referido desmatamento, detectado pelo SAD (Sistema de Alerta de Desmatamento), comprometeu 1,5 milhão de toneladas de CO₂ equivalente. (IMAZON, 2013)

A falta do conhecimento das práticas ambientais conservacionistas e, principalmente, das vantagens econômicas possíveis com tais práticas por parte desses proprietários rurais, tornam o sequestro de carbono florestal um assunto absolutamente desconhecido e sua prática ainda não “descoberta” pelos proprietários rurais de áreas com reserva legal no bioma amazônico. Dessa forma, visualiza-se em tais áreas um nicho de mercado que dispensa investimentos necessitando apenas de preservação, e que é até o presente momento inexplorado pela falta de conhecimento desses proprietários e pela falta de um método

simplificado para a certificação e a comercialização dos créditos gerados pelas áreas de reserva legal. Muito embora a Reserva Legal seja uma imposição da lei, mesmo “reservada” continua a compor a propriedade rural, sendo dever do proprietário a sua conservação, e direito deste a sua exploração, desde que de forma sustentável.

A Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, conhecida como Novo Código Florestal, ampara o uso sustentável e exploração econômica da Reserva Legal, que assim a conceitua:

Art. 3º Para os efeitos desta Lei, entende-se por:

III - Reserva Legal: área localizada no **interior de uma propriedade ou posse rural**, delimitada nos termos do art. 12, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa;

Como se verifica, a Reserva Legal é parte integrante de uma propriedade, que é direito consagrado pela Constituição Federal, como garantia fundamental do cidadão brasileiro:

Art. 5º Todos são iguais perante a lei, sem distinção de qualquer natureza, garantindo-se aos brasileiros e aos estrangeiros residentes no País a inviolabilidade do direito à vida, à liberdade, à igualdade, à segurança e à propriedade, nos termos seguintes: XXII - é garantido o direito de propriedade; (Constituição Federal, BRASIL, 1988)

Na Lei nº 12.651/2012, em seu artigo 17, §1º, §2º e art. 20, o legislador permite a exploração econômica da Reserva Legal, desde que observados alguns requisitos.

Art. 17. A Reserva Legal deve ser conservada com cobertura de vegetação nativa pelo proprietário do imóvel rural, possuidor ou ocupante a qualquer título, pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado.

§ 1º Admite-se a exploração econômica da Reserva Legal mediante manejo sustentável, previamente aprovado pelo órgão competente do Sisnama, de acordo com as modalidades previstas no art. 20.

§ 2º Para fins de manejo de Reserva Legal na pequena propriedade ou posse rural familiar, os órgãos integrantes do Sisnama deverão estabelecer procedimentos simplificados de elaboração, análise e aprovação de tais planos de manejo.

Art. 20. No manejo sustentável da vegetação florestal da Reserva Legal, serão adotadas práticas de exploração seletiva nas modalidades de manejo sustentável sem propósito comercial para consumo na propriedade e manejo sustentável para exploração florestal com propósito comercial.

Como se percebe na referida lei, a exploração da Reserva Legal e a sua exploração econômica são permitidas, desde que o manejo seja feito de forma sustentável. No caso da certificação de créditos de carbono em uma Reserva Legal para posterior comercialização

nem manejo é necessário. Dessa forma, como se verifica na permissão legal, não há discussão sobre a exploração econômica da Reserva Legal.

Aspectos jurídicos do mercado de créditos de carbono

As RCEs têm classificação doutrinária no direito brasileiro como bens incorpóreos, ou intangíveis, que segundo DINIZ (2012) são aqueles que não têm existência tangível e são relativos aos direitos que pessoas físicas e jurídicas têm sobre as coisas, sobre os produtos de seu intelecto ou contra outra pessoa, com existência jurídica e valor econômico, uma vez que são passíveis de negociação.

Para SOUZA (apud RIBEIRO, 2005), as RCE's se enquadram na categoria de bem intangível puro, por representarem direitos passíveis de serem usufruídos por seus respectivos titulares, sendo para alguns representativos do "direito de poluir". Sendo bens intangíveis, os créditos de carbono não podem ser vendidos, pois na essência de um contrato de compra e venda, o objeto precisa ser tangível, conforme preceitua o artigo 481 do Código Civil Brasileiro.

Art. 481. Pelo contrato de compra e venda, um dos contratantes se obriga a transferir o domínio de certa coisa, e o outro, a pagar-lhe certo preço em dinheiro. (BRASIL, 2002).

No texto do artigo 481 a expressão “coisa” significa bem tangível, corpóreo, o que não se aplica aos créditos de carbono. Dessa forma, a figura jurídica aplicável seria um Contrato de Cessão de Direitos, que é, por excelência, um negócio jurídico de direito privado e em que são transferidos à outra parte contratante os direitos de uso e gozo de determinada vantagem. Nesse referido instrumento, as partes disporão sobre as condições da cessão, respeitadas as balizas orientadoras aplicáveis ao MDL.

Assim, as relações jurídicas formadas pela comercialização de créditos de carbono se instrumentalizam através de Contratos Internacionais de Cessão de Reduções de Emissão Certificada, formados pelas empresas dos países desenvolvidos (cedidas) e em desenvolvimento (cedentes), sendo o referido contrato submetido às regras do Protocolo de Kyoto, aos ordenamentos de direito internacional e às normas internas dos países contratantes, devendo ainda, logicamente, observar os princípios gerais de direito. Em relação ao direito aplicável, a Lei de Introdução ao Código Civil Brasileiro, em seu artigo 9º e parágrafos, dispõe que:

Art 9º Para qualificar e reger as obrigações, aplicar-se-á a lei do país em que se constituírem.

§ 1º Destinando-se a obrigação a ser executada no Brasil e dependendo de forma essencial, será esta observada, admitidas as peculiaridades da lei estrangeira quanto aos requisitos extrínsecos do ato.

§ 2º A obrigação resultante do contrato reputa-se constituída no lugar em que residir o proponente.

No regramento interno também se aplica o mesmo princípio, rezando o artigo 435 do Código Civil Brasileiro que “reputar-se-á celebrado o contrato no lugar em que foi proposto”. Assim, considerando que no Brasil, não existe arcabouço legal interno para a regulação da venda de créditos de carbono, que acontece no mercado internacional com as regras deste e negociados em bolsas de valores, entende-se que para o ordenamento jurídico brasileiro, a legislação aplicável à contratação, nos casos da formação de um Contrato Internacional de Cessão de Reduções de Emissão Certificada, será a do país em que existiu a proposta, e não daquele em que se deu a conclusão do contrato por força da resposta vinda da empresa aceitante. (SANTOS, 2010). No entanto, para a elaboração de projetos de MDL no Brasil existe regulação. Essa elaboração é regulada pela Comissão Interministerial de Mudança Global de Clima (CIMGC), vinculada ao MCT. As regras para a elaboração de projetos de MDL de pequena escala foram internalizadas no Brasil por meio de Resolução CIMGC nº 01 de 11.09.2003, que estabelece os procedimentos para a aprovação dessas atividades. A Decisão 14/CP10-2004, que trata de projetos de florestamento e reflorestamento, também de pequena escala, foi positivada através da Resolução CIMGC nº 02 de 10.08.2005.

Aspectos práticos e negociais do sequestro de carbono florestal nas áreas de reserva legal em propriedades rurais

A legislação brasileira traz dois instrumentos principais de salvaguarda ambiental, que, na sua fundamentação ecológica e jurídica (constitucional e infraconstitucional), não se confundem. O primeiro é a Área de Preservação Permanente e a segunda, a Reserva Legal. A Reserva Legal apresenta-se como a materialização da função socioambiental da propriedade e por lei obriga aos proprietários de imóveis rurais situados na Amazônia Legal a manterem preservadas 80% (oitenta por cento) de sua área total (BRASIL, Lei nº 12.727, artigo 12). Em se tratando de Reserva Legal, importante ressaltar que se trata de limitações à propriedade impostas por lei, mas que, diferentemente da Área de Preservação Permanente, podem ser utilizadas sob o regime de manejo florestal sustentável, por autorização do Ministério do Meio Ambiente, através da Instrução Normativa nº 04/2009.

A Reserva Legal tem importante papel ambiental, contribuindo para conservação da biodiversidade e a manutenção do equilíbrio ecológico. Contudo, tais áreas não são absolutamente intocáveis, sendo inclusive plausíveis de uso, desde que não se pratique o corte raso, e assim também exercem função no fornecimento de bens econômicos de forma sustentável (CAMPOS et al., 2002). Dessa forma, considerando a obrigatoriedade de conservação da floresta (Amazônia Legal) e a possibilidade do uso sustentável, verifica-se que a Reserva Legal se encaixa perfeitamente nos requisitos destacados no artigo 12.5 do Protocolo de Kyoto, qual seja:

5. As reduções de emissões resultantes de cada atividade de projeto devem ser certificadas por entidades operacionais a serem designadas pela Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo, com base em:

- (a) Participação voluntária aprovada por cada Parte envolvida;
- (b) Benefícios reais, mensuráveis e de longo prazo relacionados com a mitigação da mudança do clima, e
- (c) Reduções de emissões que sejam adicionais as que ocorreriam na ausência da atividade certificada do projeto.

A participação voluntária caracteriza-se pela possibilidade do proprietário rural decidir entre o manejo ou exploração dos recursos naturais existentes na sua reserva legal, mesmo que de forma sustentável, ou a manutenção da “floresta em pé”, ou seja, a vegetação nativa existente na reserva legal com o fito da certificação de créditos de carbono. As reduções de emissões adicionais se caracterizariam, no presente caso, pela própria manutenção da floresta nativa que representaria uma adição à redução de emissões, pois o CO₂ ficaria por um maior tempo retido na biomassa vegetal e evitaria novas emissões de gases. Desta feita, observando o cumprimento de pelo menos 02 (dois) dos 03 (três) requisitos, verifica-se ser perfeitamente possível a certificação de créditos de carbono provenientes do sequestro florestal em áreas de reserva legal. Outra situação, ainda em discussão para sua entrada em vigor, mas já formatada e que de forma geral seria aplicável às propriedades rurais para além da reserva legal, seria também as reduções de emissões pela manutenção da floresta nativa, através do desmatamento evitado (REDD).

A solução jurídica do artigo 12.5.c do protocolo de Kyoto para as áreas de reserva legal

Da análise do próprio Código Florestal verifica-se a obrigatoriedade da Reserva Legal, ou seja, é obrigação do produtor rural destinar determinada área à preservação ambiental da vegetação nativa. Obviamente, a Reserva Legal, por sua vegetação preservada neutraliza carbono naturalmente, não tendo o produtor rural qualquer contribuição para a

referida neutralização. Por este motivo que o Protocolo de Kyoto, em seu artigo 12.5.c, destaca que:

5. As reduções de emissões resultantes de cada atividade de projeto devem ser certificadas por entidades operacionais a serem designadas pela Conferência das Partes na qualidade de reunião das Partes deste Protocolo, com base em:

- (a) Participação voluntária aprovada por cada Parte envolvida;
- (b) Benefícios reais, mensuráveis e de longo prazo relacionados com a mitigação da mudança do clima, e
- (c) Reduções de emissões que sejam adicionais as que ocorreriam na ausência da atividade certificada do projeto.

Da análise do referido artigo observa-se que para a legal aplicabilidade do sequestro de carbono em áreas de Reserva Legal, basta que a área destinada à neutralização de carbono seja ligeiramente superior à área da Reserva Legal, podendo ser, que em termos formais, por exemplo, a área da Reserva Legal e mais 1% de sua área, sejam suficientes para a certificação de projeto de sequestro de carbono.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o desenvolvimento da pesquisa foi possível verificar que o ordenamento jurídico brasileiro, neste âmbito representado principalmente pela Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, conhecida como Novo Código Florestal, permite a exploração econômica da Reserva Legal, sendo uma das formas o sequestro e a comercialização de créditos de carbono florestal proveniente das áreas de Reserva Legal.

O ordenamento jurídico brasileiro também não prevê a “venda” dos créditos de carbono, mas a cessão de seus direitos, o que é concretizado por meio da formalização de Contratos Internacionais de Cessão de Reduções de Emissão Certificada, submetido às regras do Protocolo de Kyoto, aos ordenamentos de direito internacional e às normas internas dos países contratantes. No Brasil, não existe arcabouço legal interno para a regulação da venda de créditos de carbono, que acontece no mercado internacional com as regras deste e negociados em bolsas de valores. Porém, existe regulação para a elaboração de projetos de MDL de pequena escala no Brasil, que está a cargo da Comissão Interministerial de Mudança Global de Clima (CIMGC), vinculada ao MCT, regulação esta internalizada no Brasil por meio de Resolução CIMGC nº 01 de 11.09.2003 e Resolução nº 3, de 24 de março de 2006, que estabelecem os procedimentos para a aprovação dessas atividades. Uma vez possível a utilização das áreas de Reserva Legal em projetos certificados de sequestro e neutralização de carbono, mostra-se vantajosa a utilização da Reserva Legal com esse objetivo, uma vez que se enquadra no requisito legal do “uso sustentável” e assim pode ter uma função econômica para

o seu proprietário, bastando incrementar a área da Reserva Legal, permitindo assim o sequestro e a comercialização de carbono florestal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, L. R. A averbação da reserva legal e da servidão florestal. **Jusnavigandi**, 2005. Disponível em: <<http://jus.uol.com.br/revista/texto/6766/a-averbacao--da-reserva-legal-e-da-servidao-florestal>>. Acesso em 03 mai. 2011.

ARAÚJO, A. C. P. **Como comercializar créditos de carbono**. 7. ed. São Paulo: Trevisan Editora Universitária, 2010.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

BRASIL. Poder Legislativo. Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012, 2012.

CAMPOS, J. B.; COSTA FILHO, L. V.; NARDINE, M. M. Recuperação da reserva legal e a conservação da biodiversidade. **Cadernos de Biodiversidade**, v. 3, n. 1, p.1-3, 2002.

CONEJERO, M. A. **Marketing de Créditos de Carbono**: um estudo exploratório. 2006. 206 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Administração de Organizações do Departamento de Administração da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto. Universidade de São Paulo. Ribeirão Preto, 2006.

CPTEC/INPE. Efeito Estufa. Disponível em: <<http://videoseducacionais.cptec.inpe.br>>. Acesso em: 15 dez. 2012.

CPTEC/INPE. Mudanças Ambientais Globais. Disponível em: <<http://videoseducacionais.cptec.inpe.br>>. Acesso em: 15 dez. 2012.

DINIZ, M. H. **Curso de Direito Civil Brasileiro**: Teoria Geral do Direito Civil. 29. ed. São Paulo: Saraiva, 2012. v. 1.

IMAZON. Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia. Boletim do Desmatamento (SAD) Maio de 2013. MARTINS, H.; FONSECA, A., SOUZA JR., C., SALES, M.; VERÍSSIMO, A. 2013. **Boletim Transparência Florestal da Amazônia Legal** (Maio de 2013) (p. 12). Belém: Imazon.

IPAM. Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, 2013. Disponível em: <<http://www.ipam.org.br/>>. Acesso em 02 out. 2013

MACHADO, P. A. L. **Direito ambiental brasileiro**. 14. ed. rev., atual. e ampl. São Paulo: Malheiros, 2006.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). (2013), “REED+”. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/redd/index.php/links-sobre-redd>>. Acesso em 15. jun. 2013

MIRANDA, R. N. **Direito Ambiental**. 2. ed. São Paulo: Rideel, 2010.

OBSERVATÓRIO DO REED. OBSERVATÓRIO DO REED. Disponível em: <<http://www.observatoriodoredd.org.br/site/>>. Acesso em 02. out. 2013

SANTOS, P. M. R. Créditos de carbono. Aspectos jurídicos e ambientais. **Jus Navigandi**, Teresina, ano 15, n. 2460, 27 mar. 2010. Disponível em: <<http://jus.com.br/revista/texto/14580>>. Acesso em: 15 dez. 2012.

SEIFFERT, M. E. B. **Mercado de Carbono e Protocolo de Kyoto**: oportunidade de negócio na busca da sustentabilidade. São Paulo: Atlas, 2009.

SOUZA, A. L. R. **Perfil do Mercado de Carbono no Brasil:** Análise Comparativa entre os mercados Regulado e Voluntário. 2011. Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade Federal da Bahia. Escola de Administração. 2011.

UFCCC, 1997. Protocolo de Kyoto à Convenção sobre Mudança do Clima. Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, 1997. Editado e traduzido pelo Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT com o apoio do Ministério das Relações Exteriores. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br>>.

Análise Comparativa de Doenças Respiratórias Relacionadas aos Períodos de Estiagem e Chuvoso no Estado do Tocantins: o Papel das Queimadas

Maikon Chaves de Oliveira ⁽¹⁾

Luiz Fernando Costa Nascimento ⁽¹⁾

INTRODUÇÃO

Os efeitos da poluição atmosférica à saúde humana vêm sendo objeto de estudo, utilizado como indicador no aumento das morbidades do sistema respiratório (CARMO et al., 2010). Os problemas provenientes da poluição atmosférica começaram a ser considerados como uma questão de saúde pública a partir da Revolução Industrial, quando teve início o sistema de urbanização hoje conhecido (BAKONYI, 2004). As queimadas são um agravante no surgimento de doenças respiratórias, pois estudos epidemiológicos têm demonstrado que aumentam sobremaneira a incidência de doenças respiratórias principalmente em idades extremas, ou seja, na infância e na terceira idade, mais susceptíveis a doenças devido ao quadro imunológico apresentar-se mais fragilizado.

A constante precipitação de material particulado na atmosfera se dá pela combustão de veículos automotores, fumaça de indústrias e queima de biomassa. As fontes estacionárias e grandes frotas de veículos concentram-se nas áreas metropolitanas principalmente no sudeste do Brasil, enquanto a queima de biomassa ocorre em maior extensão e intensidade na Amazônia Legal, situada na região norte do país. Segundo o inventário brasileiro de emissões de carbono, 74% das emissões ocorrem através das queimadas na Amazônia, em contraste com 23% de emissões do setor energético (BRASIL, 2005). O Estado do Tocantins encontra-se dentro dessa realidade contribuindo para a emissão de partículas poluentes para atmosfera, já que se localiza na Região Norte e na Amazônia Legal.

Tendo em vista que o Estado do Tocantins possui uma economia baseada na agropecuária, constantemente, nos períodos de estiagem, o número de queimadas para preparação da terra para o plantio de grãos, pastos e outros, ocorre um aumento significativo

⁽¹⁾ 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: luiz.nascimento@unitau.com.br

das queimadas desordenadas. Esse método é incrementado pelos proprietários que entendem ter um modelo de baixo custo para o preparo da terra. Há ainda, o senso comum que infere sobre uma prática cultural de atear-se fogo nos pastos para o preparo da terra.

Nos tempos chuvosos há também um considerável número de casos de doenças respiratórias diagnosticadas, sendo assim, esse estudo buscou realizar uma análise comparativa das doenças respiratórias relacionadas ao período de estiagem e chuvoso no Estado do Tocantins considerando as queimadas como um fator agravante. A relevância da análise do presente tema teve como objetivo analisar a relação entre as doenças respiratórias no período chuvoso e na estiagem, quando ocorre um aumento do número de queimadas antropogênicas (provocadas pelo homem – casualmente programadas ou desordenadas). Tal análise se dá pela observação do aumento dos focos de queimadas o que contribui para o aumento das doenças do sistema respiratório, podendo ser um dos maiores contribuintes no surgimento destas morbidades, favorecendo a elevação do índice de internações e procura nas emergências hospitalares, elevando o ônus para o Estado.

DESENVOLVIMENTO

Poluição atmosférica

A poluição atmosférica tem afetado a saúde da população, mesmo quando seus níveis encontram-se aquém do que determina a legislação vigente. Alguns estudos mostraram uma associação positiva entre a mortalidade e também entre a morbidade devido a problemas respiratórios em crianças (BRAGA et al., 1999; BRAGA et al., 2001; LIN et al., 1999; BAKONYI et al., 2004).

De acordo com Ribeiro (2008), a maioria da literatura evidencia que a queima da biomassa produz emissões na atmosférica, sendo a causa dos efeitos deletérios à saúde humana. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), citado por Ribeiro e Lopes (2006), há impacto sobre a mortalidade diária, admissões hospitalares, visitas à emergência e ao ambulatório e sobre a função pulmonar. Contudo, as pesquisas feitas sobre os efeitos que o material particulado produzido pelas queimadas pode causar à saúde humana são escassos.

Ribeiro (2008) ainda afirma que dentre os grupos suscetíveis estão: as crianças, os idosos e os indivíduos com doenças do aparelho respiratório e cardiovascular. Esses são alvos fáceis aos efeitos deletérios da poluição atmosférica. Em relação às crianças, as doenças do aparelho respiratório, em especial as infecções respiratórias agudas, asma e bronquite, são as causas mais comuns de morbimortalidade.

Os poluentes gasosos e o material particulado inalável gerados a partir da queima de combustíveis fósseis apresentam efeitos diretos sobre o sistema respiratório, em crianças e idosos (BRAGA et al., 2007). Os efeitos da poluição atmosférica à saúde humana têm sido amplamente estudados em todo o mundo. Os estudos epidemiológicos evidenciam um aumento consistente de doenças respiratórias e cardiovasculares e da mortalidade geral e específica associadas à exposição a poluentes presentes na atmosfera (SPEKTOR, 1991).

Doenças respiratórias

As doenças respiratórias constituem importante causa de adoecimento e morte em adultos, crianças e idosos no mundo. Segundo dados da OMS citadas por Toyoshima, Ito e Gouveia (2005), essas doenças representam cerca de 8% do total de mortes em países emergentes e 5% em países em desenvolvimento. A OMS estima ainda que, em 1995, 4,3 milhões de crianças com idade inferior a cinco anos morreram por doenças respiratórias agudas nos países em desenvolvimento, sendo a principal causa as pneumonias.

As doenças respiratórias, tanto as agudas quanto as crônicas, são importante causa de mortalidade (ROSA et al., 2008). No mundo, crianças menores de 5 anos moradoras em áreas urbanas, apresentam 4 a 6 episódios de infecção respiratória aguda (IRA) por ano; enquanto em áreas rurais a frequência é de 2 a 4 episódios por criança/ano, independente do nível de desenvolvimento da região (PIO, 1985; ROSA et al., 2008).

Histórias das doenças respiratórias e as alterações dinâmicas do meio ambiente

Desde sempre, em decorrência da sua exposição ao meio ambiente, o ser humano tem entrado em contato com toda forma de agente que contamina ou que se incorpora ao ar que respira. O trato respiratório humano entra em contato com aproximadamente 5 litros de ar a cada incursão respiratória, renovando o oxigênio em cerca de 0,5 litro. Se as incursões são em média de 15 a cada minuto, respira-se 450 litros de ar em cada hora; 10.800 litros em um dia; 3,9 milhões de litros em um ano (TORTORA, 2000).

O crescimento demográfico, o desenvolvimento tecnológico, a industrialização e o uso de técnicas na agricultura tidas como de subsistência ou mecanizada, com a utilização de técnicas ou maneiras, muitas vezes rudimentares, como as queimadas, já mencionadas, contribuem com a introdução de diferentes agentes químicos que geram efeitos adversos ao meio ambiente e ao ser humano (seres vivos de uma forma geral).

Fonseca (2004), citado por Grosso (2010) pontua que a saúde vincula-se, diretamente, com o meio ambiente (compreendido por meio da interação da sociedade com a

natureza, de forma indissociável), já que as condições e/ou alterações do meio natural só têm importância, para o homem, quando passam a ser percebidas ou afetam o seu bem-estar e modo de vida.

É imperiosa a necessidade de um planejamento urbano e um envolvimento de diversos níveis da sociedade para que se melhore a qualidade de vida, minimizando o impacto no absenteísmo e morbidades hospitalares. Aqui, o viés são as queimadas no Tocantins e estados limítrofes que, em decorrência do regime e direção dois ventos, direcionam a fuligem, com suas partículas suspensas para o território tocantinense.

Esses efeitos adversos foram referenciados no documento: Vigilância global, prevenção e controle das doenças respiratórias crônicas: uma abordagem integradora, editado pela Organização Mundial de Saúde, que dita que o impacto da poluição do ar na mortalidade e morbidade aumenta com os níveis de exposição, mas não existe nenhum nível determinado abaixo do qual os efeitos adversos da poluição não ocorram. Por isso mesmo, a morbidade e mortalidade são aumentadas pela poluição em todas as partes do mundo, mas pelo menos metade do peso da doença é suportada pelas populações dos países em desenvolvimento (BOUSQUET e KHALTAEV, 2007). As pessoas com doenças já existentes do coração e do pulmão têm risco aumentado de sintomas agudo ou morte.

Sabe-se que as condições atmosféricas com as alterações climáticas provocadas por qualquer efeito poluente, dependendo das características físicas e químicas do poluente podem afetar a saúde de populações distantes das fontes geradoras de poluição. Disso depende o tempo de residência do poluente na atmosfera, temperatura e precipitações locais e uma série de outros variantes. No Brasil existem diversas situações que evidenciam e relacionam o impacto degradante do meio ambiente com as morbidades e com morbidades respiratórias em adultos e crianças.

Estudos de doenças respiratórias no período de estiagem e chuvoso

Rodrigues, Ignotti e Hacon (2013) ao realizarem um estudo a distribuição espaço-temporal dos focos de queimada e das internações por doenças respiratórias, no Estado de Rondônia constataram que as taxas de internação alcançaram média anual de 35,4 internações a cada mil crianças no referido estado, no ano de 2001 a 2010. A microrregião de Porto Velho teve a menor média anual (19,3%) de taxas de internação de doenças respiratórias em crianças na faixa etária menores de cinco anos de idade, no mesmo período, já Cacoal teve maior média nas taxas de internações, com 51,4%. No Estado de Rondônia, observou-se a redução das taxas de internação por doenças respiratórias em crianças menores de cinco anos, com

percentual de 16,9% no ano de 2001 a 2010 e aumento de 12,0% de 2005 a 2010. Além disso, todas as microrregiões do estado de Rondônia mostraram redução das taxas de internação estabelecidas para o período de dez anos. Nos últimos cinco anos, foi verificada a redução das taxas de internação apenas nas microrregiões de Porto Velho (11,9%), Ji-Paraná (17,4%) e Colorado D'Oeste (29,9%). A microrregião de Ji-Paraná: 45,9% em dez anos e 17,4% em cinco anos apresentou menor percentual quando comparada as demais.

Os mesmos autores afirmam que não existiu diferença entre as taxas brutas e estabelecidas. No ano de 2001 a 2010, a média de focos de queimada no estado de Rondônia foi de 8.762 focos. O maior número de focos de queimada do Estado foi constatado na microrregião de Porto Velho, a média de 3.174 focos, e seguida da microrregião de Ariquemes, com média de 1.429 focos. A microrregião de Colorado D'Oeste apresentou a menor quantidade de focos de queimadas, com média de 440 focos. Verificou-se redução no número de focos de queimada no período acima citado.

Neste contexto, Rosa et al. (2008) ao analisarem a taxa de internações hospitalares por patologias respiratórias em menores de 15 anos de idade em um município da Amazônia brasileira apresentando altos níveis de poluição ambiental, verificou que em 2005, a taxa de internações por infecções respiratórias em menores de 15 anos foi de 70,1/1.000 crianças na microrregião de Tangará da Serra. Entretanto, no ano de 2000 a 2005 foram diagnosticadas, no município de Tangará da Serra, 12.777 internações de crianças, em que 8.142 (63,7%) foram por doenças respiratórias.

No período da seca, compreendido de maio a outubro, constatou-se aumento de 10% nas internações por essas doenças quando comparado comparada ao período da chuva, que corresponde de novembro a abril. Diante disso, destacaram-se como as principais causas de internação: as pneumonias (90,7%) e a insuficiência respiratória (8,5%). Além disso, a internação entre menores de 5 anos de idade, por pneumonia foi 4 vezes maior que o esperado para o município estudado. Os menores de 12 meses de idade foram mais internados, com acréscimo médio de 32,4 internações a cada 1.000 crianças por ano.

Área de estudo

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2010), o Estado do Tocantins está localizado na região Norte, sua capital é Palmas, contém 139 municípios. Limita-se com o Maranhão a nordeste, o Piauí a Leste, Goiás no Sul, Bahia ao Sudeste, Mato Grosso no sudeste. Ocupa uma área de 277.620 km². Possui uma população de

1.383.445 habitantes. 78,8% desta população vivem em conglomerados urbanos, 16,62% são menores de 10 anos de idade e 56,11% têm mais de 60 anos (IBGE, 2010).

A miscigenação é considerável e se constitui de uma predominância da cor parda de 873.313 (63,13%), seguida de 345.248 de brancos (24,9%), 126.218 de negros (9,12%), 25.534 de amarelos (1,8%), 13.132 de indígenas (0,9%).

Conforme a divisão sanitária o Estado de Tocantins é dividido em 9 microrregiões: Araguatins (11 municípios), Tocantinópolis (13 municípios), Araguaína (20 municípios), Guaraí (21 municípios), Palmas (11 municípios), Paraíso do Tocantins (17 municípios), Porto Nacional (15 municípios), Gurupi (17 municípios), Dianópolis (14 municípios).

Segundo Nascimento (2011), 9% do estado de Tocantins é constituído pelo Bioma Amazônia e os 91% da extensão territorial restante, é ocupada por Bioma Cerrado.

De acordo com IBGE, o Estado do Tocantins está situado em uma área de transição geográfica entre a floresta amazônica e o cerrado. Apresenta dois tipos de vegetação: Floresta Amazônica, isto é, terras baixas e submontanhosas e a Savana (caatinga), a qual possui aspecto de cerrado, cerradão, campo limpo, campo-cerrado e campo rupestre. Sua fisionomia possui características mais claras e abertas, apresentando muitas palmeiras, inajá e babaçu. A região florestal é conhecida como pluvial tropical, de temperatura média de 25°C. Existem os períodos: chuvoso e o de estiagem, quando ocorrem as queimadas (IBGE, 2010).

Fontes de pesquisa

Os estudos foram voltados para a sistematização de informações, obtidos de pesquisa realizada junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE, 2010). Por sua vez, os dados foram coletados a partir de endereços eletrônicos (via internet) e bibliográficos.

Foram utilizadas, principalmente, fontes eletrônicas do Ministério da Saúde: Arquivos do Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIHSUS) e do Sistema de Informações Ambulatoriais (SIASUS), Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS). A técnica de estudo espacial das informações foi a análise de áreas utilizando-se dos setores censitários do IBGE para o Estado do Tocantins.

Populações estudadas

Foram estudados todos os casos notificados de doenças respiratórias, entre os anos de 2008 a 2011. Compararam-se os dados de cada ano, bem como as variáveis e possíveis interações com o meio ambiente nos 139 municípios no Estado do Tocantins.

Todas as faixas etárias são relevantes no estudo, porém há foco naquela menor de 10 anos e maior que 60 anos de idade, uma vez que se trata de cidadãos que têm diferenciação nas suas respostas imunológicas.

Período do estudo

O período da pesquisa compreendeu 3 anos, tendo como base os respectivos anos de 2008 a 2011, buscando observar a presença de doenças respiratórias em todos os 139 municípios do Estado.

Respeitando-se os períodos definidos como “chuvoso” e “de estiagem”, há que se expandir o censo do primeiro período, para que haja cobertura efetiva da primeira fase da pesquisa, uma vez que a estação chuvosa, pelo conceito apresentado, iniciou-se no ano anterior, no Estado. Portanto, o período ficou definido como outubro de 2008 a setembro de 2011.

Ao estudarem os 3 anos consecutivos é provável a existência de variações mensais e/ou anuais no número e eventos nos municípios.

Método

Para a análise estatística espacial, foi utilizado o software TerraView, versão 4.0 0, obtido pelo portal: <http://www.dpi.inpe.br/terralib>, através da obtenção dos índices de Moran Global e Boxmap, que estimam a correlação espacial e as áreas que necessitam de intervenções, possibilitando a identificação de sub-regiões com ocorrência de dependência espacial. Estes índices podem variar entre -1 e $+1$; valor com proximidade a 1, isto é; muito semelhantes entre si, como pode se visto pela equação para calcular o índice de Moran global (LORENA, *et al.*, 2011).

$$I^{(k)} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}^{(k)} (z_i - \bar{z})(z_j - \bar{z})}{(\sum_{i=1}^n (z_i - \bar{z})^2)}$$

N = número de observação

w_{ij} = elemento na matriz de vizinhança para o par i e j

W = soma dos ponderadores da matriz

z_i e z_j = desvios em relação à média ($z_i - \bar{z}$), ($z_j - \bar{z}$)

$\bar{z}$ = média

Este método foi desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, Sistema de Informação Geográfica – SIG, que disponibiliza apoio cartográfico de dados instituído sobre a biblioteca de geoprocessamento, que consiste em um simples visualizador de informações geográficas, matriciais, que são grades e imagens, bem como manipula dados vetoriais, que são polígonos, linhas e pontos (INPE, 2012). Foram utilizados, primeiramente a importação dos bancos do DATASUS, IBGE, SIASUS e SIHSUS para o TerraView, em que estão cadastrados os dados de doenças respiratórias dos municípios do Tocantins, alicerce cartográfico, constituindo um banco de documentos georeferenciado.

Assim foi possível identificar o número de casos de doenças respiratórias no estado do Tocantins, bem como sua distribuição em cada município. Foi possível também, serem identificados os dados através de movimento de internação e atendimento ambulatorial, pelos Arquivos do Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIHSUS) e do Sistema de Informações Ambulatoriais (SIASUS), Departamento de Informática do Sistema único de Saúde (DATASUS), relativos aos anos de 2008 a 2011 abrangendo idade menor de 10 anos e maior de 60 anos.

Resultados e discussão

As Figuras 1, 2, 3 e 4 apresentam as leituras relacionadas aos problemas pulmonares no Estado do Tocantins, a partir do site do Ministério da Saúde (DATASUS), entre outubro de 2008 e setembro de 2011, estabelecendo uma diferenciação entre os períodos de estação chuvosa e de estiagem, em todo o seu território.

Os problemas pulmonares entre os meses entre janeiro e dezembro de 2008 no Estado do Tocantins podem ser visualizados a partir da Figura 1, em que o maior índice dessas patologias respiratórias ocorreu entre os meses de abril e maio, sendo os meses de transição do período chuvoso com o período de estiagem. É bem perceptível que no início do período chuvoso há um aumento no diagnóstico de patologias respiratórias isso pode ocorrer devido ao fato de alguns vírus apresentarem comportamento sazonal. Corroborando esses achados, Thomazelliet et al. (2007) pontuam que alguns vírus apresentam comportamento altamente sazonal, ou seja, mudam com maior frequência no período frio em áreas de clima temperado e também no período de chuvas nas regiões de clima tropical, como o da Amazônia legal. Esses vírus frequentemente causam doenças respiratórias em crianças, principalmente das vias aéreas superiores.

Quanto aos problemas pulmonares no período chuvoso entre janeiro e abril e outubro e dezembro de 2008 no Estado do Tocantins, foi possível observar na Figura 1 uma linha

crescente iniciada no mês de janeiro tendo seu maior pico no mês de abril, quando ocorre a transição do período chuvoso para o de estiagem. Tanto a queda quanto a alta umidade relativa do ar nos períodos cíclicos de estiagem/chuva podem implicar dano ao aparelho respiratório dos indivíduos, principalmente, para aqueles que têm algum acometimento prévio, tal qual um simples episódio de resfriado (ROSA et al. 2008).

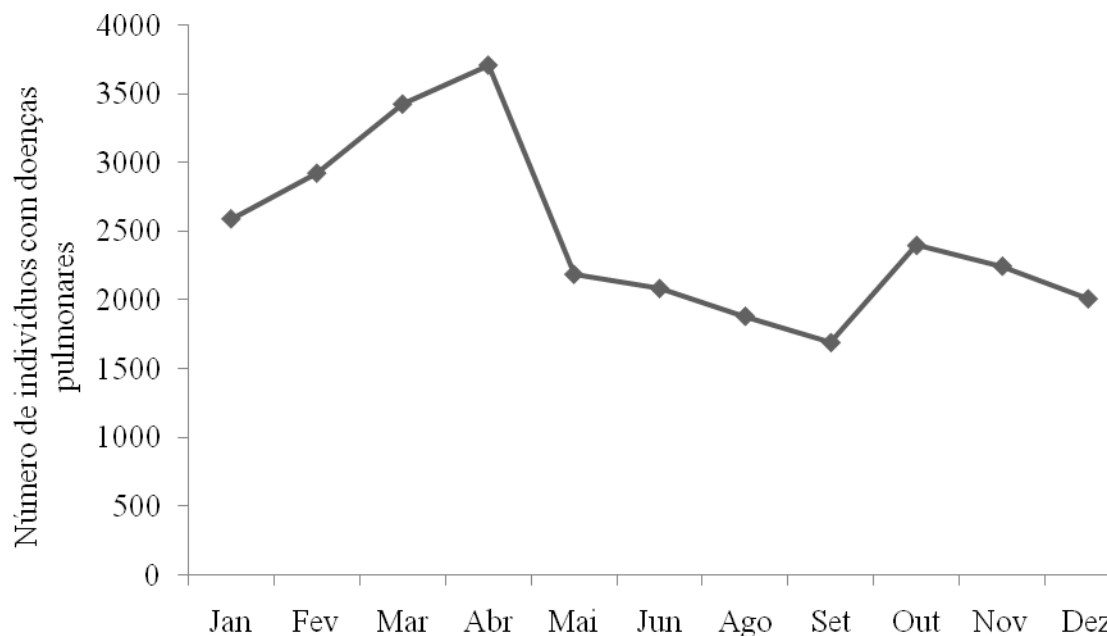


Figura 1. Problemas pulmonares distribuídos por meses entre janeiro e dezembro de 2008, Tocantins – Brasil.

Com relação aos problemas pulmonares nos meses de período de estiagem entre maio e setembro de 2008 no Estado do Tocantins, verifica-se na Figura 1 uma linha decrescente iniciada no mês de maio, sendo o pico mais elevado, correspondente ao mês de transição entre o período chuvoso (mês de abril) iniciando o período de estiagem (mês de maio). Sendo já esperado, pois nesse período de mudanças climáticas há um aumento no número das patologias do sistema respiratório.

A Figura 2 apresenta o número de indivíduos com doenças pulmonares distribuídos por sexo entre os meses de outubro de 2008 e setembro de 2011 no Estado do Tocantins, onde o maior percentil foi no sexo masculino com 57%, ficando o sexo feminino com 43%, tendo assim, uma pequena diferenciação na porcentagem quando atribuída essas patologias respiratórias ao sexo. O sexo não é um fator intrínseco para o acometimento dessas patologias relacionadas ao sistema respiratório. Contudo, este número de morbidades no sexo masculino poderia ser maior, pois é cultural o homem procurar assistência médica após extrema

necessidade, assim os autores Desalu et al. (2009) colocam que os homens prestam menos atenção em sua saúde e buscam menos atendimento médico, talvez porque normalmente são a maior fonte de renda da família e continuam trabalhando até que sua condição piore e eles fiquem incapacitados. Como resultado da gravidade da sua condição e incapacitação, em geral esses homens se apresentam como casos de emergência respiratória.

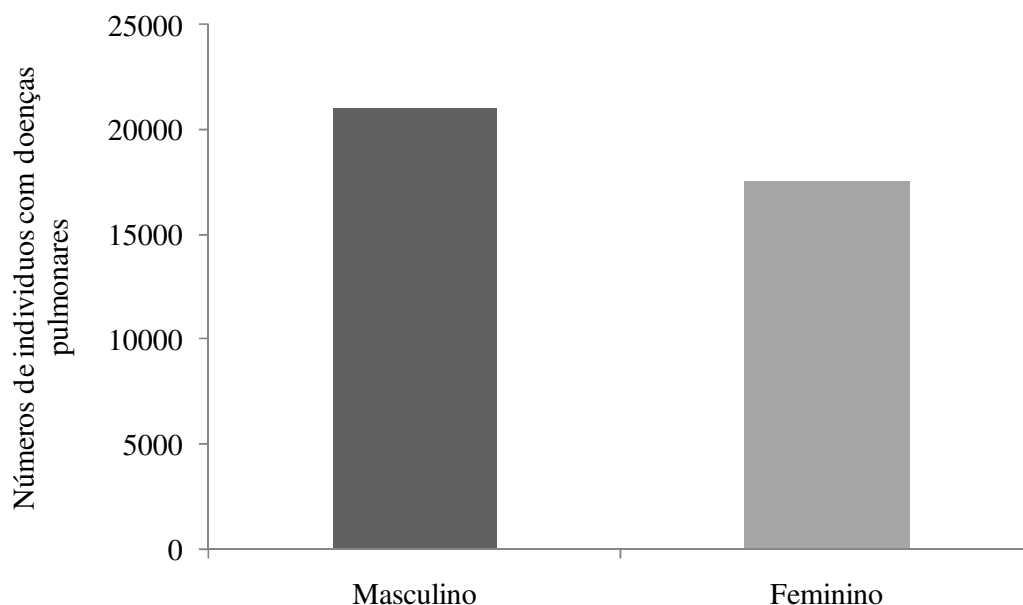


Figura 2. Problemas pulmonares, distribuído por sexo entre outubro de 2008 e setembro de 2011, Tocantins – Brasil.

Na Figura 3 é notório que o maior número de casos de problemas pulmonares distribuídos por faixa etária nos meses de setembro e outubro de 2008 no Estado do Tocantins é entre 0 e 4 anos, sendo mais acentuada entre 1 e 4 anos de idades, podendo estes valores significantes em relação às demais faixas etárias estarem interligadas à fragilidade imunológica que abrange as extremidades da vida do homem. Ribeiro (1998) afirma que dentre os grupos suscetíveis estão: as crianças, os idosos que se encontram nas extremidades da vida e indivíduos com doenças do aparelho respiratório e cardiovascular. Esses são alvos fáceis aos efeitos deletérios da poluição atmosférica. Em relação às crianças, as doenças do aparelho respiratório, em especial as infecções respiratórias agudas, asma e bronquite, são as causas mais comuns de morbimortalidade.

A Figura 4 é a representação gráfica dos problemas pulmonares específicos de pneumonia, bronquite, enfisema, bronquiolite e asma distribuída entre outubro de 2008 a setembro de 2011, no Estado do Tocantins, onde se observa que a patologia com maior índice é a pneumonia, em segundo lugar vem a asma, na terceira colocação a bronquite e a enfisema e na última colocação a bronquiolite. Contudo, o maior número de casos de pneumonia foi no

ano de 2009, totalizando 8.988 casos em contraste com os de bronquiolite com o menor percentual apenas 141 casos em 2008, tendo-se uma disparidade bem significativa comparando-os nestes períodos estipulados.

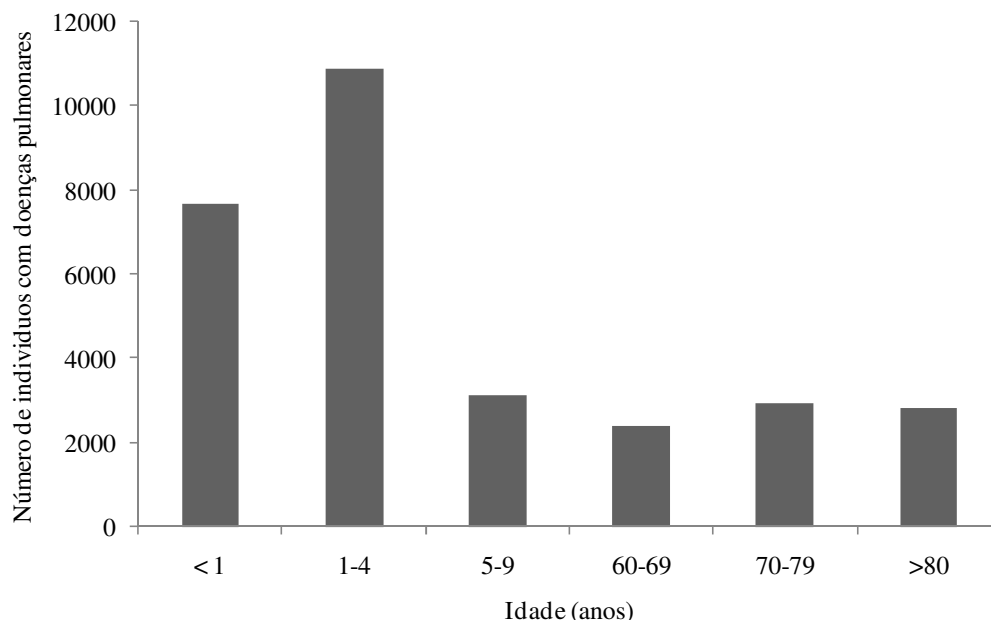


Figura 3. Problemas pulmonares, distribuído por faixa etária entre outubro de 2008 a setembro de 2011, Tocantins – Brasil.

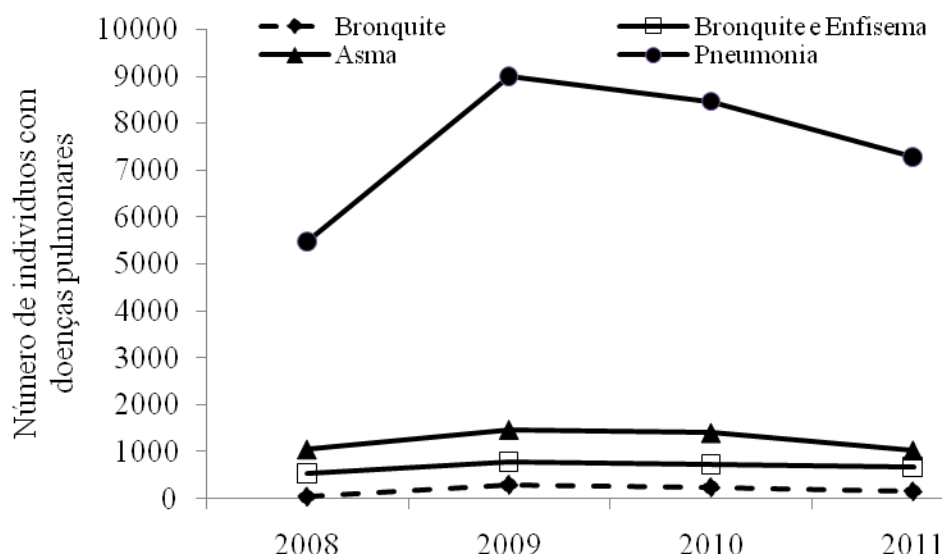


Figura 4. Ocorrências de doenças pulmonares (pneumonia, bronquite e enfisema, bronquite e asma), ocorridas entre outubro de 2008 a setembro de 2011, Tocantins – Brasil.

Em pesquisas já realizadas em uma macrorregião da região Centro-Oeste obteve-se também casos significativos de internação por pneumonia e principalmente por enfisema e

bronquite, o que corrobora parcialmente os dados obtidos na figura abaixo, uma vez que ambos os dados das pesquisas apresentam resultados parecidos em relação à classificação por ordem de acometimentos por patologias respiratórias especificadas. De acordo com a lista de morbidade das doenças do aparelho respiratório, as doenças pulmonares obstrutivas crônicas (bronquite e enfisema) são as principais causas de internações em idosos. A pneumonia também constitui importante causa de internação na Macrorregião Leste e no Vale do Aço, uma vez que a taxa de internação é elevada e vem apresentando oscilações ao longo dos anos (DUTRA et al., 2010).

Na Figura 5A, estão dispostos os dados referentes aos problemas respiratórios no período chuvoso, onde o coeficiente de detecção variou entre 30,99 a 5.338,05. As taxas foram criadas em quantil, sendo que todos os municípios notificaram casos de internação por problemas respiratórios. Os dados expostos na cor branca como insignificante, tiveram variação do coeficiente de detecção entre 30,99 a 573,20 por 100 mil habitantes, amarelo com baixas taxas, 573,20 a 929,04, marrom claro com médias taxas, 929,04 e 1570,43, marrom escuro com altas taxas, 1570,43 a 5338,05 por 100 mil habitantes.

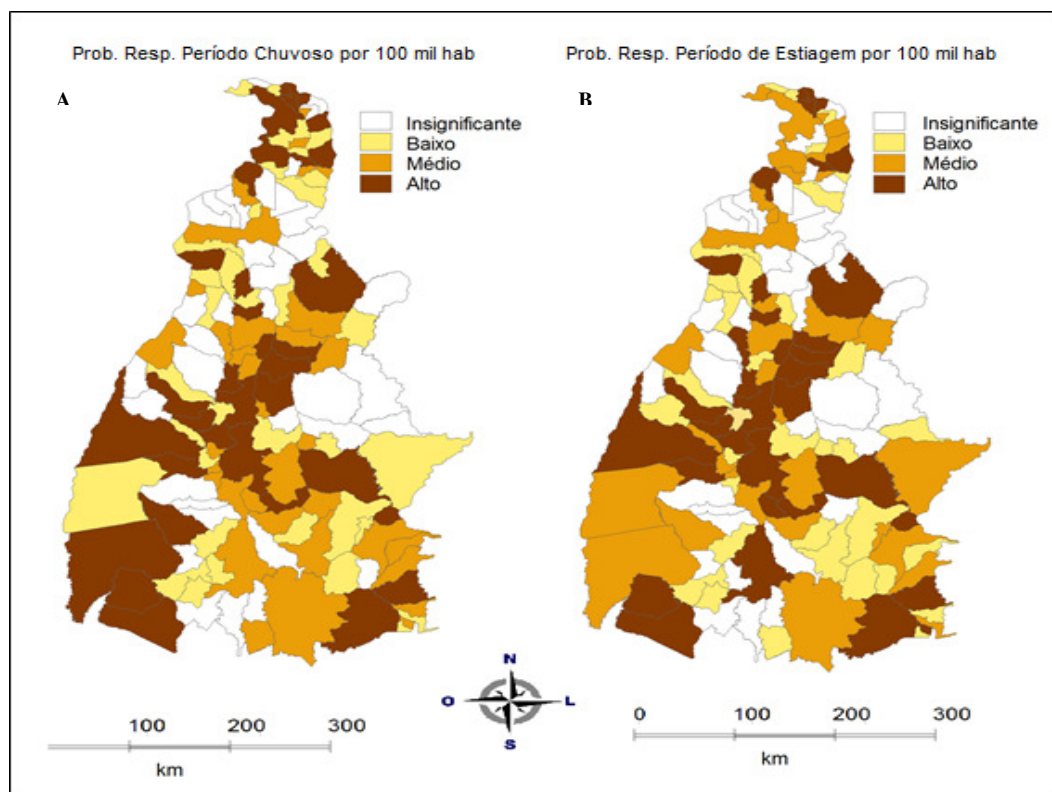


Figura 5. Mapas da distribuição de doenças pulmonares por 100 mil habitantes. A: período chuvoso, outubro a abril, B: período de estiagem, maio a setembro, entre outubro de 2008 a setembro de 2011, Tocantins – Brasil.

Os municípios que mais apresentaram problemas respiratórios no período chuvoso, conforme a Figura 5A, estão dispersos pelo estado, em destaque na cor mais escura, com altas taxas, sendo eles Araguaçu (Microrregião Sanitária de Gurupi de nº 130), Taguatinga (Microrregião Sanitária de Dianópolis de nº 129), Miranorte (Microrregião Sanitária de Paraíso do Tocantins de nº 70) e Tocantínia (Microrregião Sanitária de Palmas de nº 73). Em relação à estatística espacial, o índice Moran Global, ao avaliar a significância foi de $I = 0,07$ e o p-valor de 0,08, evidenciando dessa forma, que não houve autocorrelação espacial significativa entre os municípios.

Ainda na Figura 5B, estão dispostos os dados referentes às doenças respiratórias no período de estiagem, onde o coeficiente de detecção variou entre 38,99 a 5165,18. As taxas também foram dispostas em quantil. As taxas ditas como insignificantes, o coeficiente de detecção variou entre 38,99 a 560,35, nas taxas baixas, 560,35 a 910,87, médias taxas, 910,87 e 1.673,14 e altas taxas 1.673,14 a 5.165,18 por 100 mil habitantes.

Os municípios que mais apresentaram problemas respiratórios no período de estiagem, também estão dispersos pelo estado, dispostos na cor marrom escuro, com altas taxas, sendo eles Miranorte (Microrregião Sanitária de Palmas de nº 70), Araguaçu (Microrregião Sanitária de Gurupi de nº 130), Taguatinga (Microrregião Sanitária de Dianópolis de nº 129), e Tocantínia (Microrregião Sanitária de Palmas de nº 73).

No que diz respeito à estatística espacial, o índice Moran Global, ao analisar a significância foi de $I = 0,08$ e o p-valor de 0,05, evidenciando, dessa forma, que houve autocorrelação espacial entre os municípios, com significância estatística, uma vez que o p-valor menor que 0,05 é significativo.

Na Figura 6A, estão dispostos os dados referentes aos problemas respiratórios no período de estiagem em menores de 10 anos e maiores de 60 anos, onde o coeficiente de detecção variou entre 38,99 a 5.165,18. As taxas foram criadas em quantil, sendo que todos os municípios notificaram casos de internação por problemas respiratórios. Os dados expostos na cor branca como insignificante, teve variação do coeficiente de detecção entre 38,99 a 560,35 por 100 mil habitantes, amarelo com baixas taxas, 560,35 a 910,87, marrom claro com médias taxas, 910,87 e 1673,14, marrom escuro com altas taxas, 1673,14 a 5165,18 por 100 mil habitantes. Os municípios que mais apresentaram problemas respiratórios no período de estiagem, conforme a Figura 6A, estão dispersos pelo estado, em destaque na cor mais escura, com altas taxas, sendo eles Miranorte (Microrregião Sanitária de Paraíso de nº 70), Araguaçu (Microrregião Sanitária de Gurupi de nº 130), Tocantínia (Microrregião Sanitária de Palmas de nº 73), Taguatinga (Microrregião Sanitária de Dianópolis de nº 129).

Em relação à estatística espacial, o índice Moran Global, ao avaliar a significância foi de $I = 0,039$ e o p-valor de 0,23, evidenciando, dessa forma, que há autocorrelação espacial, sem significância estatística.

Na Figura 6B, estão dispostos os dados referentes às doenças respiratórias no período de estiagem, nas faixas etárias menor de 10 anos e maior de 60 anos de idade em todo o período de estiagem que a pesquisa abrangeu. As taxas foram criadas em quantil, sendo os municípios de cor vermelha com valor 1 são os que necessitam de intervenção, pois apresentam valores altos, os municípios de cor branca de valor 2 foram os que tiveram valores baixos, dessa forma não necessitam de intervenções, já os municípios de cor amarelo claro com valor 3 e os de cor amarelo escuro com valor 4 apresentaram valores médios, dessa forma, também, não necessitam de uma intervenção imediata.

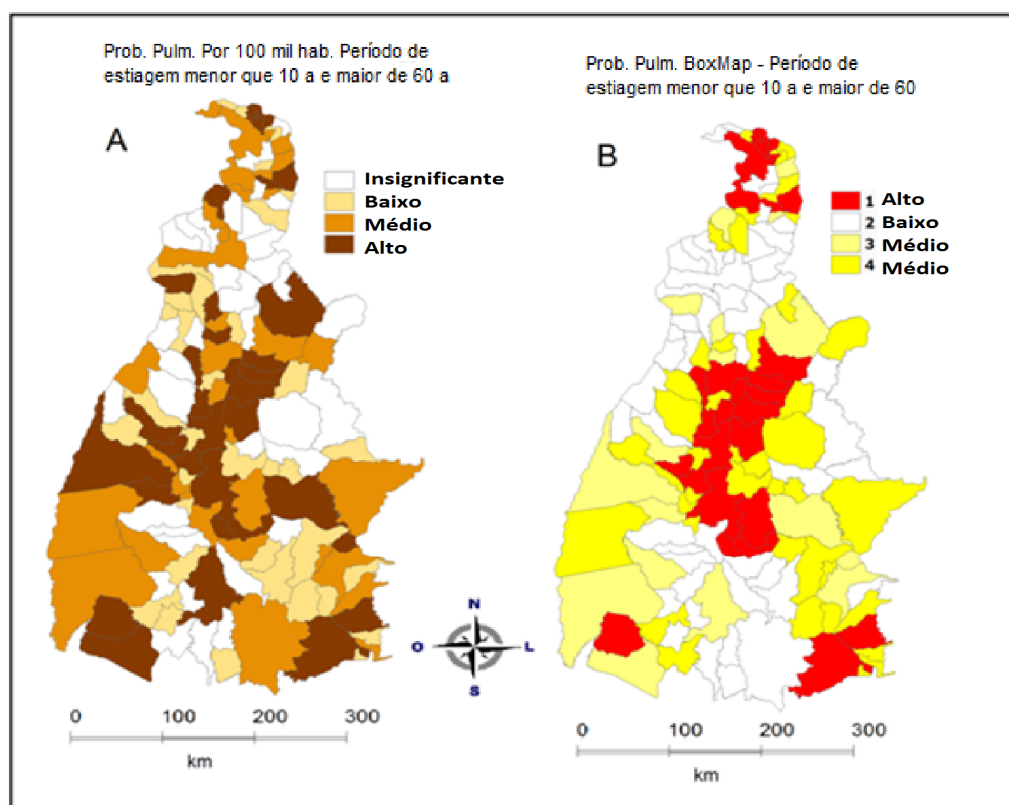


Figura 6. Mapas da distribuição de doenças pulmonares no período de estiagem de maio de 2009 a setembro de 2011, A: por 100 mil habitantes, B: BoxMap, Tocantins – Brasil.

Quando correlacionados os dois mapas constatou-se que três dos quatro municípios que mais apresentaram problemas respiratórios foram os que tiveram as mais altas taxas de autocorrelação, comprovando dessa forma a necessidade de uma intervenção desses três municípios, Miranorte (microrregião sanitária de Palmas de nº 70), Tocantínia (Microrregião

Sanitária de Palmas de nº 73) e Taguatinga (Microrregião Sanitária de Dianópolis de nº 129). Percebe-se ainda nos mapas da Figura 14 que alguns municípios como, Araguaçu (Microrregião Sanitária de Dianópolis de nº 129), Xambioá (Microrregião Sanitária de Araguaína de nº 26), Peixe (Microrregião Sanitária de Gurupi de nº 120) e outros apresentaram altas taxas (mapa A), porém no mapa B não se constatou a necessidade de intervenção. Ocorreram ,também, situações de municípios no mapa a que apresentaram baixas taxas representadas em marrom claro, porém no mapa B representado na cor vermelha, constata-se a necessidade de intervenção, onde se localiza o município de Axixá do Tocantins.

Na Figura 7A, estão dispostos os dados referentes aos problemas respiratórios no período chuvoso, onde o coeficiente de detecção variou entre 30, 99 a 5.338,05. As taxas foram criadas em quantil, sendo que todos os municípios notificaram casos de internação por problemas respiratórios. Os dados expostos na cor branca como insignificante, teve variação do coeficiente de detecção entre 30,99 a 573,20 por 100 mil habitantes, amarelo com baixas taxas, 573,20 a 929,04, marrom claro com médias taxas, 929,04 e 1570,43, marrom escuro com altas taxas, 1570,43 a 5338,05 por 100 mil habitantes.

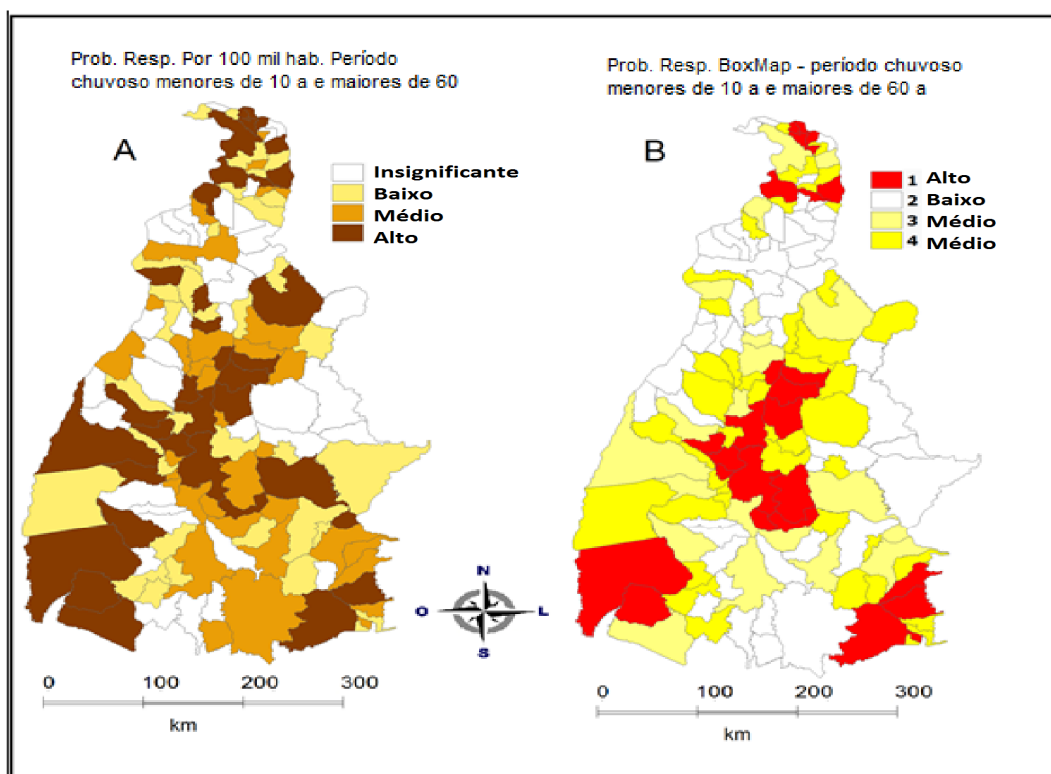


Figura 7. Mapas da distribuição de doenças pulmonares, período chuvoso de outubro de 2008 a setembro de 2011, A: por 100 mil habitantes, B: BoxMap, Tocantins – Brasil.

Os municípios que mais apresentaram problemas respiratórios no período chuvoso, conforme a Figura 7A, estão dispersos pelo estado, em destaque na cor mais escura, com altas

taxas, sendo eles Araguaçu (Microrregião Sanitária de Gurupi de nº 130), Taguatinga (Microrregião Sanitária de Dianópolis de nº 129), Miranorte (Microrregião Sanitária de Paraíso do Tocantins de nº 70) e Tocantínia (Microrregião Sanitária de Palmas de nº 73). Em relação à estatística espacial, o índice Moran Global, ao avaliar a significância foi de $I = 0,07$ e o p-valor de 0,08, evidenciando, desta forma, que houve autocorrelação espacial, sem significância estatística, uma vez que o p-valor maior que 0,05 não é significativo.

Na Figura 8B, estão dispostos os dados referentes às doenças respiratórias no período chuvoso, nas faixas etárias menor de 10 anos e maior de 60 anos em todo o período chuvoso que a pesquisa abrangeu. As taxas foram criadas em quantil, sendo os municípios na cor vermelhas com valor 1 são os que necessitam de intervenção, pois apresentam valores altos, os municípios de cor branca de valor 2 foram os que tiveram valores baixos, não necessitando de intervenções, já os municípios de cores amarelo claro com valor 3 e os de cores amarelo escuro com valor 4 apresentaram valores médios, dessa forma também não necessitam de uma intervenção imediata.

Quando comparados os dois mapas constatou-se que dois dos quatro municípios que mais apresentaram altas taxas de problemas respiratórios foram os que apresentaram também necessidade de intervenção, comprovando dessa forma a necessidade de uma intervenção desses dois municípios no período chuvoso, sendo eles os municípios de Tocantínia (Microrregião Sanitária de Palmas de nº 73) e Taguatinga (Microrregião Sanitária de Dianópolis de nº 129). Todavia, não se pode descartar as intervenções de outros municípios que obtiveram valores altos e que apresentaram problemas respiratórios no período chuvoso que englobam a pesquisa, como alguns municípios das microrregiões sanitárias de Araguatins e Tocantinópolis, entre eles estão Carrasco Bonito (Microrregião Sanitária de Araguatins de nº 4), Sampaio (Microrregião Sanitária de Araguatins de nº 5), Praia Norte (Microrregião Sanitária de Araguatins de nº 8), Augustinópolis (Microrregião Sanitária de Araguatins de nº 6), Araguatins (Microrregião Sanitária de Araguatins de nº 7), Axixá do Tocantins (Microrregião Sanitária de Araguatins de nº 12), Nazaré (Microrregião Sanitária de Tocantinópolis de nº 19) e Tocantinópolis (Microrregião Sanitária de Tocantinópolis de nº 16), sendo que esses municípios estão em uma localidade próxima. Na parte central do Estado há também um aglomerado de municípios que necessitam de intervenção estando eles correlacionados significativamente dentro dos resultados da pesquisa de ambos os mapas da Figura 7.

Observa-se ainda nos mapas da Figura 7 que há alguns municípios como, Araguatins (Microrregião Sanitária de Araguatins de nº 7), Itaguatins (Microrregião Sanitária de nº 10),

Xambioá (Microrregião Sanitária de Araguaína de nº 26), Duerê (Microrregião Sanitária de Gurupi de nº 111), Miranorte (Microrregião Sanitária de Paraíso do Tocantins de nº 70) e outros apresentaram altas taxas no mapa A, porém no mapa B não constatarem a necessidade de intervenção. Ocorreram também situações no mapa A de municípios que apresentaram médias taxas, porém no mapa B representado na cor vermelha, constatando a necessidade de intervenção, pode-se citar o município de Axixá do Tocantins (Microrregião Sanitária de Araguatins de nº 12).

Na Figura 8A, estão dispostos os dados referentes aos problemas respiratórios no período de estiagem em menores de 10 anos, onde o coeficiente de detecção variou entre 0,01, a 2642,53. As taxas foram criadas em quantil, sendo que todos os municípios notificaram casos de internação por problemas respiratórios. Os dados expostos na cor branca como insignificante, tiveram variação do coeficiente de detecção entre 0,01 a 212,65 por 100 mil habitantes, amarelo com baixas taxas, 212,65 a 345,01, marrom claro com médias taxas, 345,01 e 591,95, marrom escuro com altas taxas, 591,95 a 2642,53 por 100 mil habitantes.

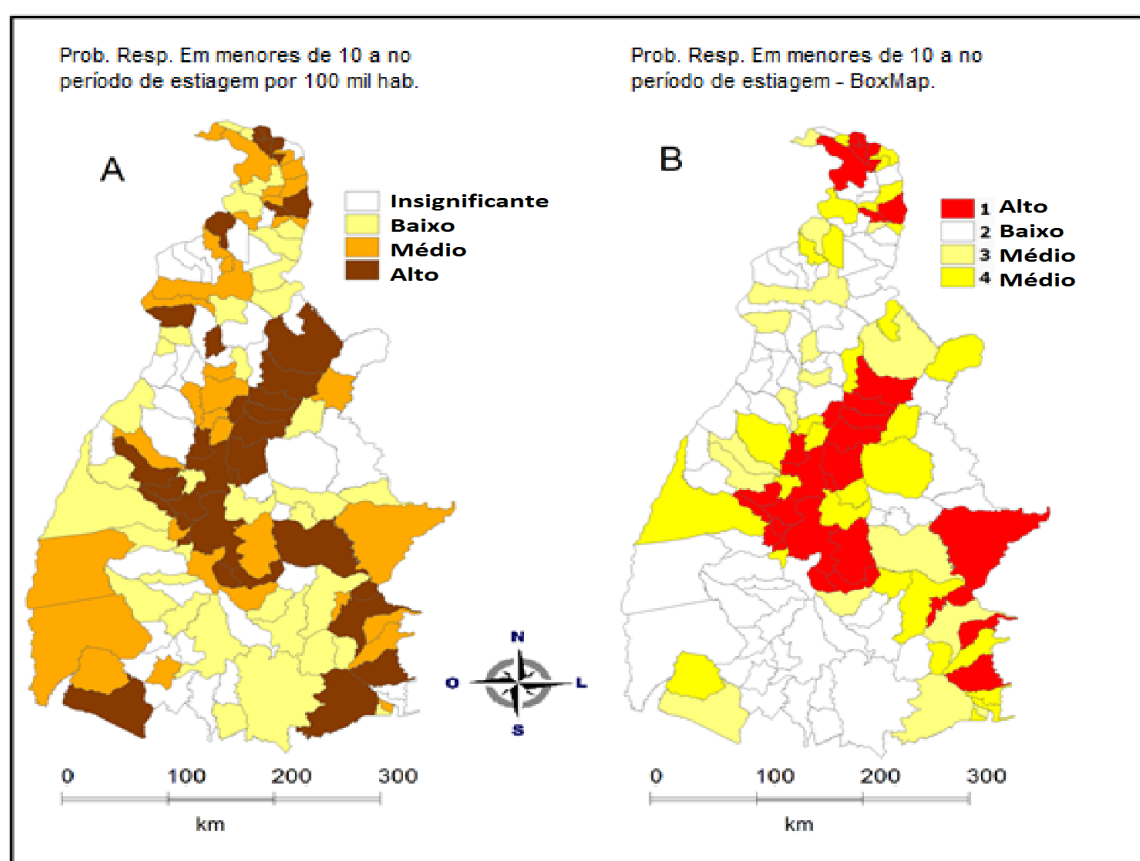


Figura 8. Mapas da distribuição de doenças pulmonares em crianças menores de 10 anos no período de estiagem: A – por 100 mil habitantes, B – BoxMap, de maio de 2009 a setembro de 2011, Tocantins – Brasil.

Observa-se na Figura 8A, que os problemas respiratórios no período de estiagem, na faixa etária menor de 10 anos, estão distribuídos pelo estado, em destaque na cor mais escura, com altas taxas, de acordo com a classificação de casos por 100 mil habitantes, sendo que os quatro primeiros com as taxas mais elevadas em ordem classificatória são os seguintes municípios: Tocantínia (Microrregião Sanitária de Palmas de nº 73), Tocantinópolis (Microrregião Sanitária de Tocantinópolis de nº 16), Taguatinga (Microrregião Sanitária de Dianópolis de nº 129) e Augustinópolis (Microrregião Sanitária de Araguatins de nº 6), os quais necessitam de ações de intervenção como também os demais municípios que estão em destaque na cor marrom escuro.

A estatística espacial, o índice Moran Global, ao avaliar a significância foi de $I = 0,16$ e o p-valor de 0,01, evidenciando, dessa forma, que houve autocorrelação espacial, com significância estatística.

Na Figura 8B, estão dispostos os dados referentes às doenças respiratórias no período de estiagem, nas faixas etárias menor de 10 anos em todo o período de estiagem da pesquisa. As taxas foram criadas em quantil, sendo os municípios de cor vermelha com valor 1 são os que necessitam de intervenção, pois apresentam valores altos, os municípios de cor branca de valor 2 foram os que apresentaram baixas taxas, não necessitando de intervenção, já os municípios de cores amarelo claro com valor 3 e os de cores amarelo escuro com valor 4 apresentaram valores médios, não necessitam de uma intervenção imediata.

Quando correlacionados os dois mapas constatou-se que os quatros municípios que obtiveram maior correlação com problemas respiratórios no mapa A da Figura 9, foram os que também tiveram altas taxas, comprovando dessa forma a necessidade de uma intervenção desses quatros municípios no período de estiagem, sendo eles os municípios de Tocantínia (Microrregião Sanitária de Palmas de nº 73), Tocantinópolis (Microrregião Sanitária de Tocantinópolis de nº 16), Taguatinga (Microrregião Sanitária de Dianópolis de nº 129) e Augustinópolis (Microrregião Sanitária de Araguatins de nº 6). Contudo, não podemos descartar a necessidade de intervenção nos demais municípios que obtiveram valores altos e que apresentaram problemas respiratórios no período de estiagem nos meses ~~que~~ da pesquisa, como alguns municípios das microrregiões de Araguatins e Tocantinópolis, entre eles estão Carrasco Bonito (Microrregião Sanitária de Araguatins de nº 4), Sampaio (Microrregião Sanitária de Araguatins de nº 5), Praia Norte (Microrregião Sanitária de Araguatins de nº 8), Axixá do Tocantins (Microrregião Sanitária de Araguatins de nº 12) e Nazaré (Microrregião Sanitária de Tocantinópolis de nº 19), sendo que esses municípios estão em uma localidade próxima. Na parte central do Estado há também um aglomerado de municípios que

necessitam de intervenção, estando eles apresentando correlação das patologias respiratórias e outros municípios isolados na parte sul do Estado.

Observa-se ainda nos mapas da Figura 9 que alguns municípios como, Araguatins (Microrregião Sanitária de Araguatins de nº 7), Itaguatins (Microrregião Sanitária de Tocantinópolis de nº 10), Xabioá (Microrregião Sanitária de Araguaína de nº 26), Duerê (Microrregião Sanitária de Gurupi de nº 111), Miranorte (Microrregião Sanitária de Paraíso do Tocantins de nº 70) e outros, apresentaram altas taxas no mapa A, porém no mapa B não se constatou a necessidade de intervenção. Ocorreram também situações no mapa A de municípios que apresentaram baixas taxas, porém no mapa B representado na cor vermelha, constatou-se a necessidade de intervenção, onde estão localizados os municípios de Araguatins (Microrregião Sanitária de Araguatins de nº 7) e Monte do Carmo (Microrregião Sanitária de Porto Nacional de nº 88).

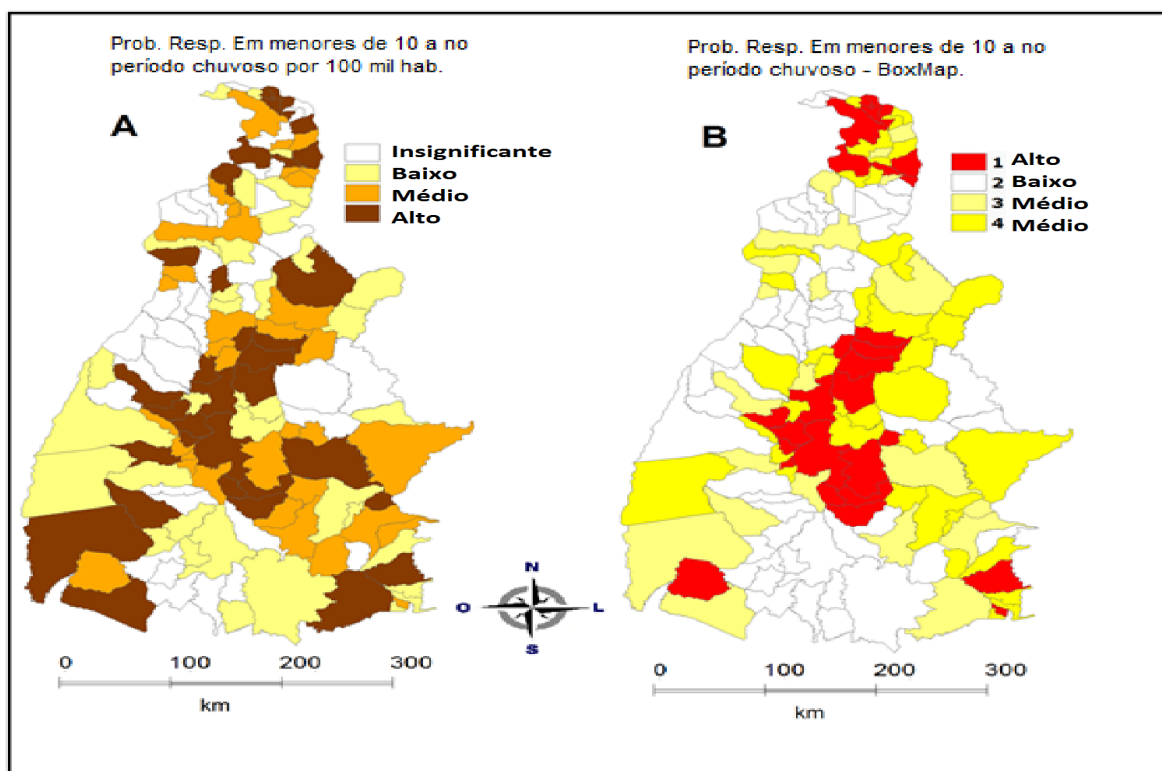


Figura 9. Mapas da distribuição de doenças pulmonares em crianças menores de 10 anos no período chuvoso: A – por 100 mil habitantes, B – BoxMap, de outubro de 2008 a abril de 2011, Tocantins – Brasil.

Na Figura 9A, estão dispostos os dados referentes aos problemas respiratórios no período chuvoso em menores de 10 anos, onde o coeficiente de detecção variou entre 0,01, a 3562,96. As taxas foram criadas em quantil, sendo que todos os municípios notificaram casos de internação por problemas respiratórios. Os dados expostos na cor branca como

insignificante, teve variação do coeficiente de detecção entre 0,01 a 327,53 por 100 mil habitantes, amarelo com baixas taxas, 327,53 a 516,16, marrom claro com médias taxas, 516,16 e 870,89, marrom escuro com altas taxas, 870,89 a 3562,96 por 100 mil habitantes.

Os municípios que mais apresentaram problemas respiratórios no período chuvoso, na faixa etária menor de 10 anos, conforme a Figura 9A, estão dispersos pelo estado, em destaque na cor mais escura, com altas taxas, de acordo com a classificação de casos por 100 mil habitantes, sendo eles Tocantinópolis (Microrregião Sanitária de Tocantinópolis de nº 16), Taguatinga (Microrregião Sanitária de Dianópolis de nº 129), Goiatins (Microrregião Sanitária de Araguatins de nº 44) e Arapoema (Microrregião Sanitária de Araguaína de nº 42). No entanto, os demais municípios de cor marrom escuro também apresentaram altas taxas, mas com valores abaixo dos quatro primeiros colocados.

A estatística espacial, o índice Moran Global, ao avaliar a significância foi de $I = 0,09$ e o p-valor de 0,03, evidenciando, dessa forma, que houve autocorrelação espacial com significância estatística, uma vez que o p-valor menor que 0,05 é significativo.

Na Figura 9B, estão dispostos os dados referentes às doenças respiratórias no período chuvoso, nas faixas etárias menor de 10 anos, em todo o período chuvoso da pesquisa. O Box Map mostra os municípios na cor vermelha com valor 1, aqueles ~~são os~~ que necessitam de intervenção, pois apresentaram valores altos, os municípios de cor branca de valor 2 foram os que tiveram valores baixos, não necessitando de intervenções, já os municípios de cores amarelo claro com valor 3 e os de cores amarelo escuro com valor 4 apresentaram valores médios, dessa forma também não necessitam de uma intervenção imediata.

Quando correlacionados os dois mapas pode-se observar que três dos quatros municípios que mais apresentaram problemas respiratórios na Figura 9A foram os que tiveram maiores taxas, por 100 mil habitantes, comprovando a necessidade de uma intervenção desses três municípios no período chuvoso, sendo eles os municípios de Tocantinópolis (Microrregião Sanitária de Tocantinópolis de nº 16), Taguatinga (Microrregião Sanitária de Dianópolis de nº 129) e Arapoema (Microrregião Sanitária de Araguaína de nº 42), não podendo descartar as intervenções de outros municípios que obtiveram valores altos e que apresentaram problemas respiratórios no período chuvoso nos meses que englobam a pesquisa na faixa etária estipulada. É possível visualizar que os municípios que necessitam de intervenções são praticamente os mesmos, estando aglomerados nas microrregiões sanitárias de Araguatins e Tocantinópolis, na parte central do estado e alguns dispersos pela região sul do Tocantins, onde a maioria desses municípios está em evidência quanto à necessidade de intervenção frente a essas patologias respiratórias nos

anos, períodos e idades pesquisadas. Pode-se visualizar nos mapas da Figura 9B há alguns municípios como Itaguatins (Microrregião Sanitária de Tocantinópolis de nº 10), Xambioá (Microrregião Sanitária de Araguaína de nº 26), Miranorte (Microrregião Sanitária de Paraíso do Tocantins de nº 70), Arraias (Microrregião Sanitária de Dianópolis de nº 136) e outras, que apresentaram altas taxas no mapa A, porém no mapa B não se constatou a necessidade de intervenção. Ocorreram também situações no mapa A de municípios que apresentaram baixas taxas, porém no mapa B representado na cor vermelha, constatou-se a necessidade de intervenção, como os municípios de Araguaatins (Microrregião Sanitária de Araguaatins de nº 7), Santa Maria do Tocantins (Microrregião Sanitária de Guaraí de nº 63) e Sandolândia (Microrregião Sanitária de Gurupi de nº 127).

Na Figura 10A, estão dispostos os dados referentes aos problemas respiratórios no período chuvoso em maiores de 60 anos, onde o coeficiente de detecção variou entre 0,01, a 1552,73. As taxas foram criadas em quantil, sendo que todos os municípios notificaram casos de internação por problemas respiratórios. Os dados expostos na cor branca como insignificante, teve variação do coeficiente de detecção entre 0,01 a 127,88 por 100 mil habitantes, amarelo com baixas taxas, 127,88 a 211,11, marrom claro com médias taxas, 211,11 e 357,50, marrom escuro com altas taxas, 357,50 a 1552,73 por 100 mil habitantes. Os municípios que mais apresentaram problemas respiratórios no período chuvoso na faixa etária maior de 60 anos, conforme a Figura 10A, estão dispersos pelo estado, em destaque na cor mais escura, com altas taxas, de acordo com a classificação de casos por 100 mil habitantes, sendo eles Miranorte (Microrregião Sanitária de Paraíso do Tocantins de nº 70), Araguaçu (Microrregião Sanitária de Gurupi de nº 130), Taguatinga (Microrregião Sanitária de Dianópolis de nº 129) e Xambioá (Microrregião Sanitária de Araguaína de nº 26). Sendo que os demais municípios de cor marrom escuro apresentaram também altas taxas, mas com valores abaixo dos quatro primeiros colocados.

A estatística espacial, o índice Moran Global, ao avaliar a significância foi de $I = 0,10$ e o p-valor de 0,05, evidenciando, dessa forma, que houve autocorrelação espacial, com significância estatística.

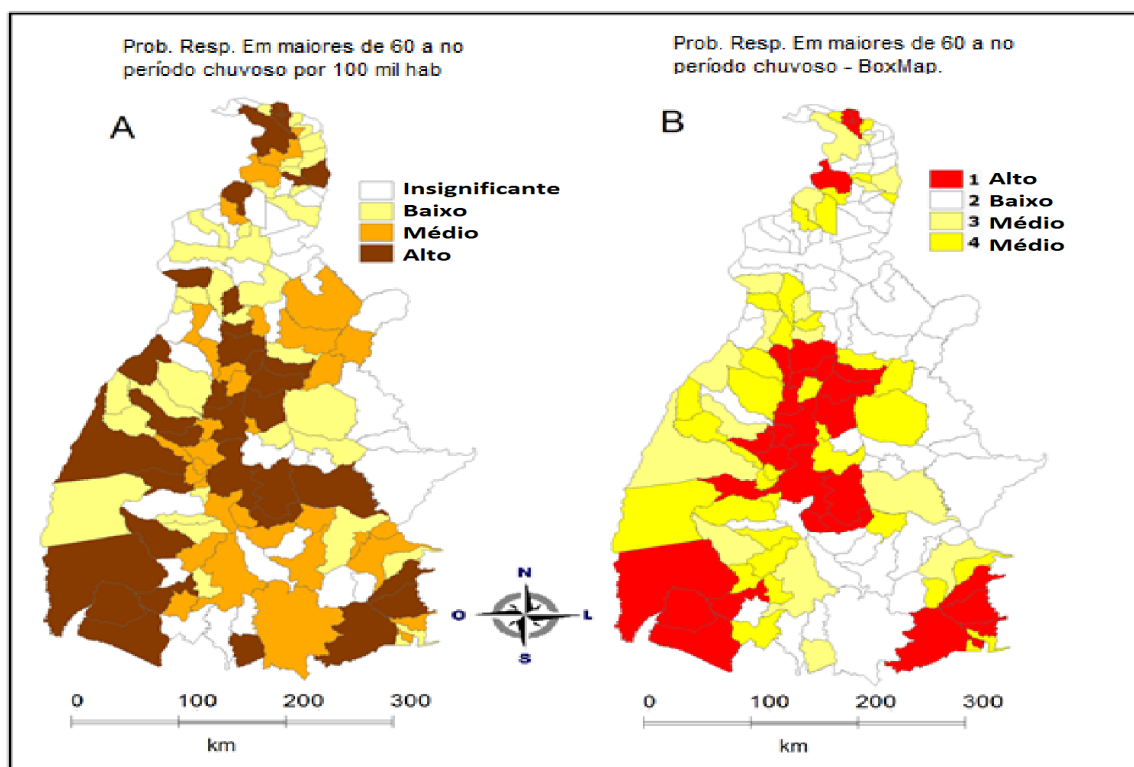


Figura 10 .Mapas da distribuição de doenças pulmonares em maior de 60 anos no período chuvoso: A – por 100 mil habitantes, B – BoxMap, de outubro de 2008 a abril de 2011, Tocantins – Brasil.

Na Figura 10B estão dispostos os dados referentes às doenças respiratórias no período chuvoso, nas faixas etárias maior de 60 anos em todo o período chuvoso da pesquisa. O Box Map mostra os municípios na cor vermelha com valor 1, aqueles que necessitam de intervenção, pois apresentaram valores altos, os municípios de cor branca de valor 2 foram os que apresentaram baixas taxas, não necessitando de intervenções, já os municípios de cores amarelo claro com valor 3 e os de cores amarelo escuro com valor 4 apresentaram valores médios, dessa forma também não necessitam de uma intervenção imediata.

Ao correlacionarem os mapas A e B da Figura 10, observa-se que três dos quatros municípios que mais apresentaram problemas respiratórios na Figura 10A, tiveram altas taxas, por 100 mil habitantes, comprovando assim, a necessidade de uma intervenção desses três municípios no período chuvoso. Os respectivos municípios que necessitam de intervenção são: Miranorte (Microrregião Sanitária de Paraíso do Tocantins de nº 70), Araguaçu (Microrregião Sanitária de Gurupi de nº 130) e Taguatinga (Microrregião Sanitária de Dianópolis de nº 129), esses mesmos municípios já vêm apresentando valores altos no período de estiagem e em faixa etária menor de 60 anos. Não podemos descartar a intervenção de outros municípios que obtiveram valores altos e que apresentaram problemas respiratórios

no período chuvoso nos meses que englobam a pesquisa na faixa etária em estudada. Observa-se que os municípios que necessitam mais uma vez de intervenção estão localizados boa parte nas microrregiões sanitárias de Araguatins e Tocantinópolis, e na parte central e alguns municípios dispersos pela região sul do Estado. Observa-se ainda nos mapas da Figura 10, que os municípios de Araguatins (Microrregião Sanitária de Araguatins de nº 7), Tocantinópolis (Microrregião Sanitária de Tocantinópolis de nº 16), Luzinópolis (Microrregião Sanitária de Tocantinópolis de nº 18), Arapoema (Microrregião Sanitária de Araguaína de nº 42), Duerê (Microrregião Sanitária de Gurupi de nº 111) e outros apresentaram altas taxas no mapa A, mas no mapa B não apresentaram necessidade de intervenção. Ocorreram também situações no mapa A, como se pode visualizar, o município que apresentou médias taxa, porém no mapa B representado na cor vermelha, constatou-se a necessidade de intervenção, onde está localizado o município de Ananás (Microrregião Sanitária de Tocantinópolis de nº 17).

Na Figura 10A, estão dispostos os dados referentes aos problemas respiratórios no período de estiagem em maiores de 60 anos, onde o coeficiente de detecção variou entre 0,01, a 1235,85. As taxas foram criadas em quantil, sendo que todos os municípios notificaram casos de internação por problemas respiratórios. Os dados expostos na cor branca como insignificante, teve variação do coeficiente de detecção entre 0,01 a 81,96 por 100 mil habitantes, amarelo com baixas taxas, 81,96 a 159,49, marrom claro com médias taxas, 159,49 e 278,71, marrom escuro com altas taxas, 278,71 a 1235,85 por 100 mil habitantes.

Os municípios que mais apresentaram problemas respiratórios no período de estiagem na faixa etária maior de 60 anos conforme a Figura 11A, estão distribuídos dispersamente pelo estado, em destaque na cor mais escura, com altas taxas, de acordo com a classificação de casos por 100 mil habitantes, sendo os mesmos municípios apresentados na Figura 11B. À faixa etária maior de 60 anos no período chuvoso, dessa forma percebe-se que não há grandes variações do número de casos das doenças respiratórias entre os períodos chuvosos e de estiagens nos municípios de Miranorte (Microrregião Sanitária de Paraíso do Tocantins de nº 70), Araguaçu (Microrregião Sanitária de Gurupi de nº 130), Xambioá (Microrregião Sanitária de Araguaína de nº 26) e Taguatinga (Microrregião Sanitária de Dianópolis de nº 129), sendo necessário desenvolver intervenções cabíveis para a redução destes números que estão elevados tanto no período chuvoso como no de estiagem. Porém, não se deve descartar os demais municípios de cor marrom escuro que se encontram pintados no mapa apresentando altas taxas, mas com valores abaixo dos quatro primeiros colocados, porém, necessitam de intervenções. A estatística espacial, o índice Moran Global, ao avaliar a

significância foi de $I = 0,06$ e o p-valor de 0,09, evidenciando, dessa forma, que há autocorrelação espacial, não teve significância estatística, uma vez que o p-valor maior que 0,05 não tem significância estatística.

Na Figura 11A estão dispostos os dados referentes às doenças respiratórias no período de estiagem, nas faixas etárias maior de 60 anos em todo o período de estiagem da pesquisa. O Box Map mostra os municípios na cor vermelha com valor 1 são os que necessitam de intervenção, pois apresentam valores altos, os municípios de cor branca de valor 2 foram os que tiveram baixas taxas, não necessitando de intervenções, já os municípios de cores amarelo claro com valor 3 e os de cores amarelo escuro com valor 4 apresentaram valores médios, dessa forma também não necessitam de uma intervenção imediata.

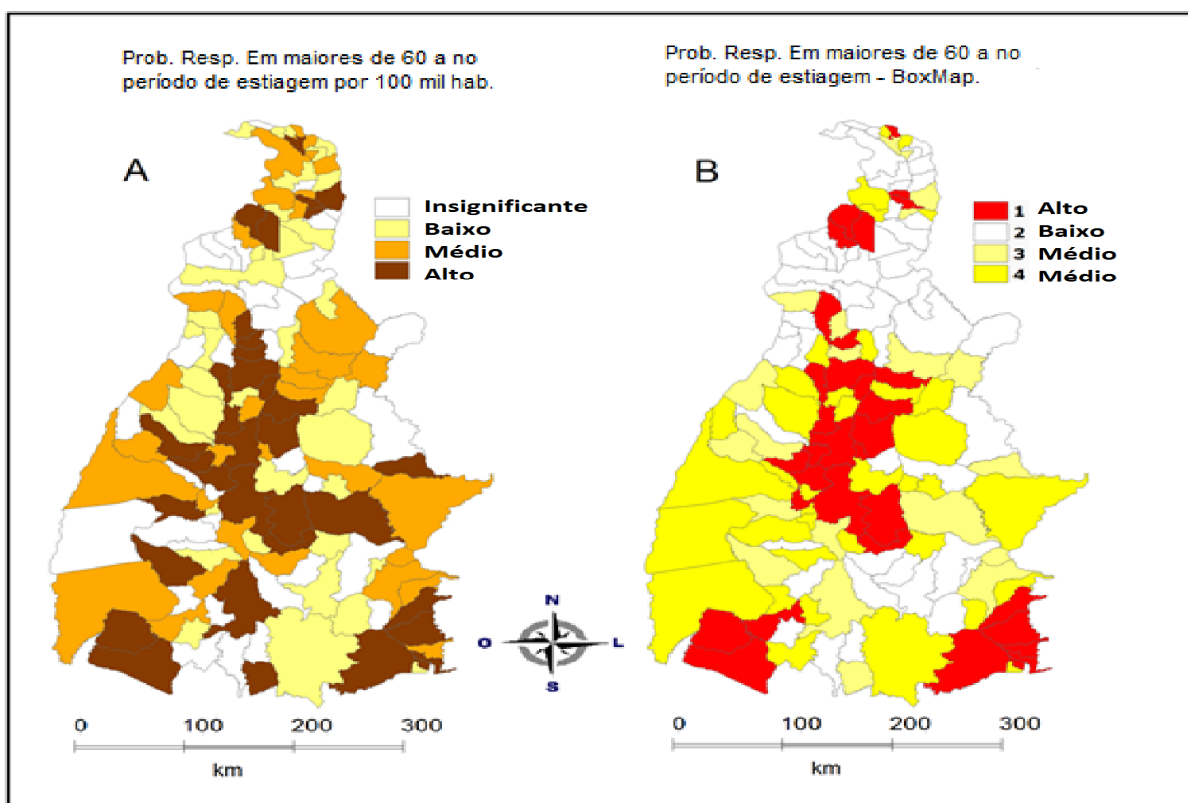


Figura 11. Mapas da distribuição de doenças pulmonares em adultos maiores de 60 anos no período de estiagem: A – por 100 mil habitantes, B – BoxMap, de maio de 2009 a setembro de 2011, Tocantins – Brasil.

Ao correlacionar os mapas A e B da Figura 11, observa-se que os quatros municípios que mais apresentaram problemas respiratórios na Figura A, foram os que tiveram maiores significância, por 100 mil habitantes, comprovando assim, a necessidade de uma intervenção nesses quatros municípios no período de estiagem. Os municípios que necessitam de intervenção são: Miranorte (Microrregião Sanitária de Paraíso do Tocantins de nº 70), Araguaçu (Microrregião Sanitária de Gurupi de nº 130), Xambioá (Microrregião Sanitária de

Araguaína de nº 26) e Taguatinga (Microrregião Sanitária de Dianópolis de nº129); esses municípios já têm apresentado valores altos no período chuvoso na mesma faixa etária. No entanto, não se pode descartar a necessidade de intervenção de outros municípios que obtiveram valores altos e que apresentaram problemas respiratórios no período de estiagem nos meses da pesquisa na faixa etária em estudo. Alguns municípios que necessitam novamente de intervenção estão situados na parte das microrregiões sanitárias de Araguatins e Tocantinópolis, na parte central do Tocantins e alguns dispersos pela região sul do Estado.

É possível visualizar outros municípios que não tiveram correlação espacial, porém apresentaram valores altos, necessitam de intervenção. Podemos citar alguns municípios que se encontram nesta situação como Sampaio (Microrregião Sanitária de Araguatins de nº 5), Luzinópolis (Microrregião Sanitária de Tocantinópolis de nº 18), Araguanã (Microrregião Sanitária de Araguaína de nº 29), Lajeado (Microrregião Sanitária de Palmas de nº 78) e outros, podendo este fator ser atribuído à proximidade destes municípios com os que apresentaram correlação espacial. Outra situação que vem ocorrendo são municípios que tiveram correlação espacial alta, porém não tiveram valores altos, não sendo necessária a intervenção como, por exemplo, o município de Augustinópolis (Microrregião Sanitária de Araguatins de nº 6) e Colinas do Tocantins (Microrregião Sanitária de Guaraí de nº 43).

O fato desses municípios encontrarem-se nessas situações já mencionadas em cada discussão final das Figuras 6, 7, 8, 9, 10 e 11, pode estar ligado à localização nas proximidades de municípios que necessitam de intervenção, sendo esses os culpados ou dos que não necessitam, mas estão próximos dos que precisam desta intervenção.

A Figura 12 é a representação do total de queimadas no Estado do Tocantins entre os anos de 2008 a 2011, ao realizar o comparativo das queimadas com os mapas que abordaram a correlação espacial no período de estiagem nas faixas etárias menor de 10 anos e maior de 60 anos de idade, é possível visualizar os municípios que mais tiveram altas taxas com correlação espacial nos mapas A do período de estiagem fundamentado no Box Map, correspondendo ao mapa B, o qual possibilita a localização exata dos municípios que necessitam de intervenções naquela determinada localidade.

Os municípios que apresentaram focos de queimadas de nível alto e coincidiram com municípios que realmente necessitam de intervenção no período de estiagem foram Tocantínia (Microrregião Sanitária de Palmas de nº 73), Araguaçu (Microrregião Sanitária de nº Gurupi de nº 130) e Taguatinga (Microrregião Sanitária de Dianópolis de nº 129), porém outros municípios que se encontravam nas proximidades destes apresentaram também necessidades de intervenções como os municípios de Miranorte (Microrregião Sanitária de Paraíso do

Tocantins de nº 70) e Duerê (Microrregião Sanitária de Gurupi de nº 111). Outros municípios como Augustinópolis (Microrregião Sanitária de Araguatins de nº 6) e Tocantinópolis (Microrregião Sanitária de Tocantinópolis de nº 16), apresentaram necessidades de intervenções, porém não constaram índices altos de focos de queimadas, podendo este fator estar ligado ao município de Araguatins (Microrregião Sanitária de Araguatins de nº 7) que apresentou alto índice de focos de queimadas, estando localizado próximo aos dois municípios supracitados.

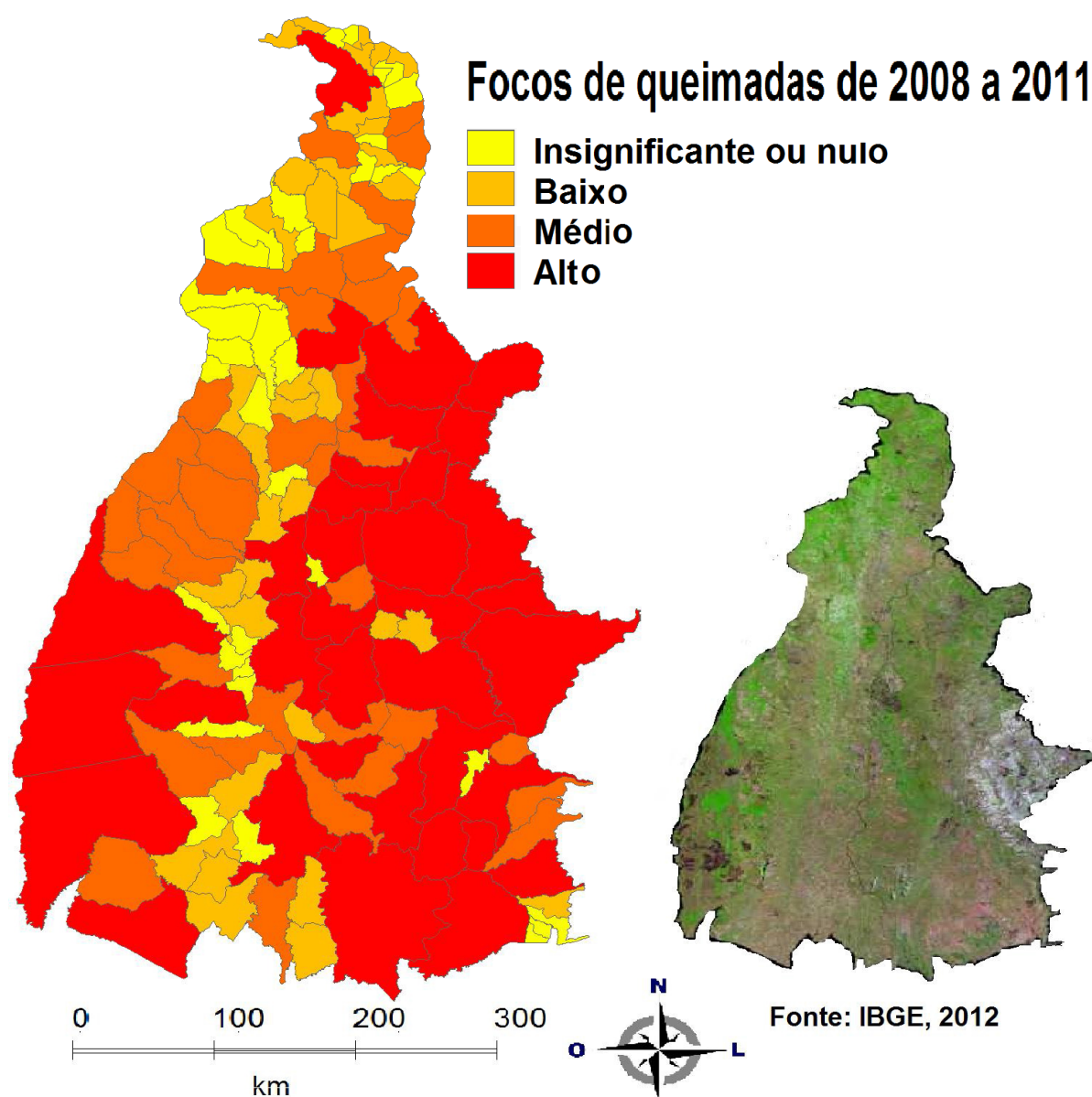


Figura 12. Mapa com o total de focos de queimadas de 2008 a 2011.
Fonte: Fontoura (2012).

Portanto, podem-se associar os altos índices de focos de queimadas como fator contribuinte para a constatação dos municípios que mais apresentaram necessidades de intervenção relacionadas às doenças do sistema respiratório.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível identificar padrões espaciais da distribuição das doenças respiratórias no período de estiagem e chuvoso de outubro de 2008 a setembro de 2011, no estado do Tocantins. Por meio de mapas temáticos, identificaram-se áreas de alta prioridade de intervenção e densidade de taxas segundo os municípios.

Ao longo dos três anos estudados, foi possível identificar o maior índice de patologias respiratórias entre os meses de abril e maio, sendo os meses de transição do período chuvoso com o período de estiagem. Quanto aos problemas pulmonares no período chuvoso nos meses de outubro de 2008 a abril de 2011 no Estado do Tocantins, foi possível observar um aumento no mês de dezembro tendo seu maior pico no mês de abril, quando ocorre a transição do período chuvoso para o de estiagem.

Com relação aos problemas pulmonares nos meses de período de estiagem entre maio de 2009 a setembro de 2011 no Estado do Tocantins, verificou-se um decréscimo iniciado no mês de maio, sendo o pico mais elevado, correspondente ao mês de transição entre o período chuvoso.

Assim, conclui-se que é possível propor medidas de intervenção para determinadas microrregiões a fim de reduzir as taxas de doenças respiratórias no período de estiagem ao promover ações de educação ambiental aliadas à educação para a saúde, para isso é imprescindível o apoio das esferas municipal, estadual e federal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAKONYI, S. M. C.; OLIVEIRA, I. M. D.; MARTINS, L. C.; BRAGA, A. L. F. Air pollution and respiratory diseases among children in Brazil. **Revista de Saúde Pública**, v. 38, n. 5, p. 1-5, 2004.

BOUSQUET J.; KHALTAEV, N. **Global surveillance, prevention and control of chronic respiratory diseases. A comprehensive approach**. Global Alliance Against Chronic Respiratory Diseases. World Health Organization. 2007.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT). **Análise da vulnerabilidade da população brasileira aos impactos sanitários das mudanças climáticas**. Brasília, 2005.

BRAGA, A. L. F.; CONCEIÇÃO, G. M. S.; PEREIRA, L. A. A.; KISHI, H. S.; PEREIRA, J. C. R.; ANDRADE, M. F. et al. Air pollution and pediatric respiratory hospital admissions in São Paulo. **Journal Environmental Medicine**, v. 1, p. 95-102, 1999.

BRAGA, A. L. F.; SALDIVA, P. H. N.; PEREIRA, L. A. A.; MENEZES, J. J. C.; CONCEIÇÃO, G. M. S.; LIN, C. A. Health effects of air pollution exposure on children and adolescents in São Paulo. **Pediatric Pulmonology**, v. 31, p. 106-113, 2001.

BRAGA, A. L. F. et al. Associação entre poluição atmosférica e doenças respiratórias e cardiovasculares na cidade de Itabira, Minas Gerais, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 23, n. 4, p. 5570-5578, 2007.

CARMO, C. N.; HACON, S.; LONGO, K. M.; FREITAS, S.; IGNOTTI, E.; LEON, A. P.; ARTAXO, P. Associação entre material particulado de queimadas e doenças respiratórias na região sul da Amazônia brasileira. **Revista Panamericana de Saúde Pública**, Washington, v. 27, n. 1, p. 10-16, 2010.

DESALU, O. O.; OLUWAFEMI, J. A.; OJO, O. Morbidade e mortalidade relacionadas a doenças respiratórias em adultos atendidos em um hospital terciário na Nigéria. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 35 n. 8, p. 745-752, 2009.

DUTRA, G.F.; PEREIRA, A.M.; BRITO, E.S.; PEREIRA, E.C.S.; SANTOS, C.L.; GONÇALVES, N.F.; FERNANDES, S.L.S.; FIGUEIREDO, F.J.B.; OLIVEIRA, F.M. Análise temporal das internações hospitalares e óbitos causados por doenças do aparelho respiratório em idosos, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia**. 2010, v.13, n.1, p.121-132, 2010.

FERREIRA, G. N.; FONTOURA, D. G.; SILVEIRA, B. E.; MORAIS, P. A.; SILVA, P. E.; CRISTINA, S.F.; SÍLVIA, L. S.; CLEIDILENE, L. O.; FLÁVIA, M. B. F.; FLÁVIO JÚNIOR. Análise temporal das internações hospitalares e óbitos causados por doenças do aparelho respiratório em idosos, Minas gerais. **Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia**, v. 13, n. 1, p. 120-132, 2010

FONSECA, V. Clima e saúde humana. In: **Anais do VI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**. Aracajú: UFA, 2004.

FONTOURA, I. G. **Análise espacial da ocorrência de leishmaniose visceral no estado do Tocantins** – Brasil. 2012, 89 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Taubaté, Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, 2012.

GOUVEIA, N.; FREITAS, C. U.; MARTINS, L. C.; MARCILIO, I. O. Respiratory and cardiovascular hospitalizations associated with air pollution in the city of São Paulo. **Caderno de Saúde Pública**, v. 22, n. 12, p. 2669-2677, 2006.

GOVERNO DO ESTADO DO TOCANTINS. **Seca**. Tocantins, 2011. Disponível em: <<http://defesacivil.to.gov.br/seca/>> Acesso em 20/10/2012.

GROSSO, C. DOENÇAS RESPIRATÓRIAS EM AMBIENTES URBANOS. Universidade Estadual Paulista-FCT/UNESP- Campus de Presidente Prudente.

IGNOTTI, E.; HACON, S. S.; SILVA, A. M. C.; JUNGER, W. L.; CASTRO, H. Efeitos das queimadas na Amazônia: método de seleção dos municípios segundo indicadores de saúde. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, São Paulo, v. 10, n. 4, p. 453-464, 2007.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS-INPE, 2012. Portal do Monitoramento de Queimadas e Incêndios. Disponível em: <<http://www.inpe.br/queimadas>> Acesso em: 30/11/2013

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE 2010. Censo 2010. Disponível em: <www.censo2010.ibge.gov.br/dados_divulgados/index.php> Acesso em: 27 mar. 2012.

LIN, A. C.; MARTINS, M. A.; FARHAT, S. L.; POPE, C. A.; CONCEIÇÃO, G. M.S.; ANASTÁCIO, M. V. Air pollution and respiratory illness of children in São Paulo, Brazil. **Paediatric and Perinatal Epidemiology**, v. 13, p. 475-488, 1999.

LORENA, R. L.; BERGAMASCHI, R. B.; LEITE, G. R. Análise Exploratória Espacial do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal do Estado do Espírito Santo. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto** – SBSR, 2011. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0847.pdf>> Acesso em: 13 fev. 2012

NASCIMENTO, J. B. **Conhecendo o Tocantins**: História e Geografia. 7. ed. Editora Bandeirante. 2011.

PIO, A. The magnitude of the problem of acute respiratory infections. In: Douglas, R. M, Kirby-Eaton E, editors. **Acute respiratory infections in childhood**: proceedings of an international workshop. Sydney: University of Adelaide; 1985.

RIBEIRO, H. Queimadas de cana-de-açúcar no Brasil: efeitos à saúde. **Revista de Saúde Pública**, v. 42, n.2, p. 370-376, 2008.

RIBEIRO, H.; LOPES, F. S. Mapeamento de internações hospitalares por problemas respiratórios e possíveis associações à exposição humana aos produtos da queima da palha de cana-de-açúcar no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 9, n. 2, p.215-25, 2006.

RETRIEVED July 10, 2013. Particulate matter air pollution contributes to lung cancer incidence in Europe.

RODRIGUES, P.C.D.; IGNOTTI, E.; HACON, S.S. Distribuição espaço-temporal das queimadas e internações por doenças respiratórias em menores de cinco anos de idade em Rondônia, 2001 a 2010. **Epidemiologia dos Serviços de Saúde**, v.22, n.3, p.455-464, 2013.

ROSA, A. M. et al. Doença respiratória e sazonalidade climática em menores de 15 anos em um município da Amazônia brasileira. **Jornal de Pediatria**, v. 84, n. 6, p. 43-549, 2008.

ROSA, A. M.; IGNOTTI, E.; HACON, S. S.; CASTRO, H. A. Análise das internações por doenças respiratórias em Tangará da Serra – Amazônia Brasileira. **Jornal de Pneumologia**. Brasília, v. 34, n. 8, p. 575-582, 2008.

SPEKTOR, D. M.; HOFMEISTER, V. A.; ARTAXO, P.; BRAGUE, J. A.; ECHELAR, F.; NOGUEIRA, D. P.; HAYES, C.; THURSTON, G D.; LIPPMANN, M. Effects of heavy industrial pollution on respiratory function in the children of Cubatão, Brazil: a preliminary report. **Environmental Health Perspective**, v. 94, p. 51- 54, 1991.

TOYOSHIMA, M. T. K.; ITO, G. M.; GOUVEIA, N. Morbidade por doenças respiratórias em pacientes hospitalizados em São Paulo/SP. **Revista de Associação Médica Brasileira**, São Paulo, v. 51, n. 4, p. 209-13, 2005.

TORTORA, G. J. **Corpo humano**: fundamentos de anatomia e fisiologia. 4. ed. Porto Alegre: Artmededitora, 2000.

THOMAZELLI, L. M; VIEIRA, S; LEAL, A. L; SOUSA. T S; Daniele B. L; OLIVEIRA, M. A. G; GILLIO A. E; STWIEN, K. E S; ERDMAN, D. D; DURIGON, E. L. Surveillance of eight respiratory viruses in clinical samples of pediatric patients in southeast Brazil. **Jornal da Pedriatria**, v. 83, n. 5, p. 422-428, 2007.

Rizobactérias e Coliformes Termotolerantes no Solo de Culturas Agrícolas Fertilizadas com Efluente Tratado de Esgoto

Roberto José dos Santos ⁽¹⁾

Paulo Fortes Neto ⁽¹⁾

Nara Lúcia Perondi Fortes ⁽¹⁾

Mariko Ueno ⁽¹⁾

Fabiana Brambatti ⁽²⁾

Eliana Maria Araújo Mariano Silva ⁽²⁾

INTRODUÇÃO

A técnica de utilização de irrigação de culturas agrícolas com água residuária começou a ser adotada nas propriedades rurais na Europa, América do Norte e Austrália, desde o século XIX até o início do XX. Porém com o desenvolvimento de novas tecnologias para o tratamento das águas residuárias, a falta de critérios e procedimentos para o uso da água em áreas agrícolas e a preocupação com o risco de contaminação ambiental por metais pesados e organismos patogênicos, ocasionou um abandono dessa prática para fins de irrigação (STEIN E SCHWARTZBROD, 1990). Entretanto, os estudos para avaliar a eficiência do efluente tratado como fonte de água e nutrientes para as culturas agrícolas foram retomados devido à necessidade de disponibilidade de água para o consumo humano e a procura de usos alternativos e seguros para a água de menor qualidade (FONSECA et al., 2007).

Na busca por adequação as novas políticas, a sociedade vem buscando tecnologias de menor custo que reduzam os efeitos negativos de atividades impactantes ao meio (Souza, 2003). Dentre as tecnologias disponíveis para a destinação dos efluentes gerados após o tratamento de esgoto, destacam-se o método de disposição do efluente no solo com o objetivo de irrigar e melhorar a fertilidade do solo. Para Metcalf e Eddy (1991), o uso agrícola representa um enorme atrativo em razão do alto consumo de água na agricultura e a redução de sua qualidade e disponibilidade.

⁽¹⁾ Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, Departamento de Ciências Agrárias, Universidade de Taubaté, Estrada Municipal Dr. José Luis Cembranelli, 5000 - Fazenda Piloto - Itaim, Cep - 12081-010, Taubaté, SP, Brasil. email: paulo.fortes@unitau.com.br

⁽²⁾ Aluna de graduação em Ciências Agrárias da Universidade de Taubaté

⁽³⁾ Laboratório de Microbiologia Agrícola e Fitopatologia, Departamento de Ciências Agrárias, Estrada Municipal Dr. José Luis Cembranelli, 5000 - Fazenda Piloto - Itaim, Cep - 12081-010, Taubaté, SP, Brasil.

As vantagens quanto à utilização de efluentes são: conservação de água disponível e possibilidade de reciclagem dos nutrientes, reduzindo dessa forma a utilização de fertilizantes minerais (VAN DER HOEK et al., 2002). Outros pontos são relatados por alguns autores, quanto à aplicação de efluente tratado em áreas agrícolas, como o aumento do rendimento de grãos e forragem, melhoria na fertilidade do solo e reduções no consumo de fertilizantes químicos e na água para irrigação (JNAD et al., 2001). Em contraposição, a utilização intensiva e continuada de efluentes tratados no solo pode ocasionar uma alta carga de sais minerais dissolvidos e sólidos suspensos e com isso alterar as características químicas, físicas e biológicas do solo (BALKS et al., 1998; FRIEDEL et al., 2000).

A entrada de material orgânico e organismos patogênicos promovida pela aplicação do efluente podem promover alterações significativas na comunidade e na atividade microbiana do solo (RAMIREZ-FUENTES et al., 2002). Essas alterações poderão ser estendidas ao ambiente rizosférico, influenciando a comunidade microbiana desta região com os microrganismos patogênicos existentes no efluente.

A relação entre a comunidade microbiana da rizosfera com microrganismos patogênicos de plantas é relativamente bem conhecida, porém são poucos os estudos realizados para avaliar esta relação com patógenos humanos (RIBAS e FORTES NETO, 2008).

Com base no exposto, neste capítulo descrevemos a interação entre os microrganismos da rizosfera das culturas de trigo, triticale e feijão preto com os coliformes termotolerantes introduzidos pela aplicação do efluente no solo.

DESENVOLVIMENTO

Reuso agrícola do efluente proveniente do sistema leite de cultivado

Dentre as tecnologias disponíveis para o tratamento de águas residuárias provenientes do leite cultivado, destaca-se o reuso agrícola, cuja técnica vem sendo utilizada em grande escala, em vários locais, sobretudo em regiões áridas e semi-áridas (Medeiros et al., 2005). Além de ser uma fonte alternativa de água para irrigação, contém nutrientes e a sua utilização pode reduzir as quantidades de fertilizantes minerais necessárias para atender às culturas agrícolas (FONSECA et al., 2007).

Ao entender o solo como elemento depurador e o sistema solo-planta como um reator renovável, reator este regido pelas leis da natureza, pode-se entender também, nesse contexto, os esgotos como fonte de energia, e não como um grande problema ambiental (QUEIROZ et

al., 2004). O tratamento se dá tanto por processos físico-químicos no solo quanto por processos biológicos na interface do sistema solo-água-planta, onde se forma o biofilme (Bastos et al., 2003).

Entretanto, a utilização intensiva e continuada de efluentes tratados na agricultura resulta em alta carga de sais minerais dissolvidos e sólidos suspensos, que podem provocar alterações nas características químicas, físicas e biológicas do solo (AYERS e WESTCOT, 1999; Friedel et al., 2000). As variações nas condições locais de solo, cobertura vegetal e composição do esgoto tratado são fatores determinantes da extensão dessas alterações modificando ou não a qualidade do solo (MOHAMMAD e MAZAHREH, 2003; WANG et al., 2003).

Para atenuar o impacto ambiental e disciplinar a prática de reuso de água residuária na agricultura a CETESB – Companhia de Tecnologia em Saneamento Básico de São Paulo estabeleceu orientações que definem critérios mínimos e exigências técnicas a serem atendidas para proteger o meio ambiente e a saúde pública. Contudo, essas orientações ainda não foram publicadas como norma técnica, porque os estudos para verificar as alterações químicas, físicas e biológicas do solo, estão ainda em desenvolvimento e serão utilizados para fundamentar as orientações para a aplicação no solo.

Atributos físicos do solo

O efluente tratado apresenta concentrações relativamente baixas de matéria orgânica, mas as aplicações frequentes associadas às altas taxas podem incorporar quantidades apreciáveis de matéria orgânica ao solo (SOARES et al., 2005). O aumento da matéria orgânica exerce influência nas propriedades físicas do solo, dentre as quais se destacam: a massa específica, a estrutura, a estabilidade dos agregados, a aeração, a drenagem, a retenção de água e a consistência (FEIGIN et al., 1991).

Estudo realizado por Coraucci Filho (1991) aplicando esgoto sanitário em rampas de tratamento por escoamento superficial verificou que, a concentração de carbono orgânico diminuiu com a profundidade do solo, demonstrando que durante a passagem do esgoto pela superfície do solo (infiltração), promoveu o processo de filtração que é influenciado pela taxa de aplicação e declividade da superfície do solo na rampa.

Os efeitos da aplicação de efluente tratado sobre a condutividade hidráulica do solo ainda não estão claramente entendidos, no entanto, a maioria dos estudos tem indicado decréscimo da condutividade hidráulica (FEIGIN et al., 1991; BALKS et al., 1998; BOND,

1998), bem como alterações de outras propriedades hídricas tais como infiltração, drenagem e capacidade de retenção de água (JNAD et al., 2001).

Feigin et al. (1991) afirmaram que as elevadas concentrações de partículas orgânicas e inorgânicas nos esgotos domésticos obstruem os poros da superfície do solo, reduzindo a taxa de infiltração e a condutividade hidráulica, de 20 a 30%. Os autores alertam que o decréscimo na condutividade hidráulica do solo pode resultar em graves problemas como alagamentos ou escoamento superficial. Superfícies alagadas aumentam o fluxo preferencial de contaminantes pelo solo e pelo aumento do escoamento superficial podem provocar erosão e contaminação das águas superficiais.

A principal alteração nas características físicas do solo decorrentes da aplicação de esgoto doméstico via sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial, em áreas cultivadas com grama, foi o incremento na capacidade de retenção de água no solo, atribuído ao decréscimo de macroporos e ao acréscimo de microporos, influenciando, assim, a condutividade hidráulica do solo saturado (JNAD et al., 2001). Gonçalves et al. (2005) constataram diminuição da condutividade hidráulica e da macroporosidade em latossolo fertirrigado com esgoto doméstico. Ocorreram correlações significativas entre o volume de microporos, a porcentagem de argila dispersa em água e o sódio, o que resultou na ocorrência dos processos de dispersão e expansão de agregados. O grau de expansão e dispersão das argilas do solo depende da natureza do argilomineral predominante. Maior sensibilidade para esses processos é tida para a montmorilonita, sensibilidade moderada para a ilita e menor sensibilidade para a caolinita (FEIGIN et al., 1991).

Feigin et al. (1991) advertem que não somente o efeito do Na⁺ no solo é responsável pela diminuição da condutividade hidráulica, mas também os sólidos suspensos de origem orgânica podem ser agentes para redução da condutividade hidráulica; contudo, esse efeito depende da sua concentração na água, da taxa de aplicação, do tipo de solo e das condições climáticas.

Atributos químicos do solo

O uso agrícola do efluente apresenta benefícios como a reciclagem de nutrientes através da irrigação de culturas e o fornecimento de água (VAZQUEZ-MONTIEL et al., 1996). Johns e Mc Conchie (1994) constataram a eficiência do efluente como fonte de água e nutrientes no cultivo de bananeiras. Segundo os autores, a adição de 600 mmm de efluente tratado pode fornecer 21% N, 100% P, 21% K, 20% Ca e 50% Mg dos total de kg de nutrientes necessários anualmente para a produção de bananeiras.

Recentemente Gomes et al., (2009) avaliando o aporte de nutrientes na cultura da cana-de-açúcar irrigada com efluente de esgoto tratado, constataram que a aplicação do efluente supriu totalmente a necessidade de adubação mineral na cana-de-açúcar para P e S, e proporcionou incrementos significativos de Ca, Mg e Zn.

O uso de água residuárias na agricultura pode aumentar a produtividade das culturas agrícolas e reduzir as quantidades de fertilizantes minerais (MELI et al., 2002). Onde o efluente de esgoto é aplicado em pequenas quantidades, o solo é predominante aeróbico e o N do efluente será convertido em nitrato (BOUWER e IDELOVITCH, 1987). Estudos realizados por Paula et al. (2009) com diferentes lâminas de irrigação em uma área de pastagem, constataram que a adição de nitrogênio via esgoto tratado na forma mineral (NH_4^+ , $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$) foi de 618 kg ha^{-1} na lâmina com 100% de excesso de irrigação.

Mikkelsen et al. (1998) mostram que a aplicação de águas residuárias no solo, por períodos longos, pode resultar em acúmulo de nutrientes, excedendo as exigências nutricionais das plantas. Quin e Forsyth (1978) verificaram aumento na concentração de nitrogênio total de pastagens fertirrigadas por mais de 16 anos com esgoto sanitário tratado. Eles constataram que a aplicação anual de 840 mm de esgoto sanitário tratado, com concentrações de nitrogênio total variando de 14 a 41 mg L^{-1} , acarretou o aumento da concentração de nitrato e de outros nutrientes, exceto o fósforo. Entretanto, esse aumento de nitrato não atingiu concentrações perigosas na solução do solo. Por outro lado, Lund et al. (1981) comprovaram que, 51% do nitrogênio presente no esgoto sanitário aplicado foi lixiviado num perfil de solo de 0 a 6m de profundidade. Tal lixiviação foi decorrente das altas taxas de aplicação da água residuária e da textura arenosa do solo.

Normalmente, o pH da água de irrigação não tem afetado significativamente o pH do solo, por causa do seu poder tampão. Assim, não é de se esperar efeito direto do efluente no pH do solo, mesmo com a ocorrência generalizada de formas presentes de alcalinidade nas águas residuárias. No entanto, existe a possibilidade dessa alcalinidade associada às altas concentrações de sódio em águas alcalinas, ocasionar aumento do valor do pH do solo (BOUWER e IDELOVITCH, 1987). O aumento de pH tem sido atribuído ao pH alto do efluente, a adição de cátions trocáveis e de ânions oriundos do efluente (FONSECA et al., 2007).

A presença de sódio no efluente poderá depender da taxa de aplicação, do tipo de solo e condições climáticas ocasionar o aumento na condutividade elétrica e aumentar a salinidade do solo (SMITH et al., 1996), a qual pode afetar a absorção d'água pelas plantas devido à presença de uma maior concentração de íons de Na^+ , Cl^- e HCO_3^- na solução do solo

(CROMER et al., 1984). O aumento da condutividade elétrica do solo mediante irrigação com efluente tem sido comum em sistemas agrícolas. Esse aumento de salinidade mais evidente na camada superficial do solo pode ser devido a dois fatores: evaporação da superfície do solo, levando ao acúmulo de sais; exposição do subsolo à contínua lixiviação e substituição dos sais na periferia da zona úmida, a qual normalmente tem apresentado aumento na concentração de sais (AYERS e WESTCOT, 1999; OLIVEIRA et al., 2009).

Interação entre microrganismos do solo e microrganismos patogênicos

A adição de efluente tratado no solo irá alterar a dinâmica dos microrganismos no solo, pois outros grupos de microrganismos serão adicionados ao solo como, por exemplo, os patogênicos. Também irá promover alterações na atividade microbiana do solo ou manter a atividade microbiana semelhante a áreas não irrigadas com esgoto tratado (RAMIREZ-FUENTES et al., 2002; WANG et al., 2003). Esse fato está intimamente relacionado com a espécie vegetal irrigada e, no caso de gramíneas e leguminosas, o estímulo no crescimento promovido pela irrigação pode ser estendido ao ambiente rizosférico, influenciando a comunidade microbiana do solo (PAULA et al., 2009).

A ação dos microrganismos presentes na rizosfera das plantas é um dos principais fatores de remoção de microrganismos patogênicos que chegam com o esgoto ao solo (CAVINATTO e PAGANINI, 2007). A inibição no desenvolvimento dos microrganismos patogênicos pelo microrganismo rizosférico ocorre pela ação dos seguintes mecanismos: antibiose; predação e competição por espaço ou por nutrientes (FERNANDEZ e VEGA, 2001).

Estudos realizados por Coelho (2006) demonstram que bactérias do grupo fluorescente do gênero *Pseudomonas* e gênero *Bacillus* spp caracterizam-se por serem os dois mais abundantes gêneros de microrganismos que habitam a rizosfera, atuam no controle de poluentes xenobióticos e fitopatógenos, através de mecanismos de inibição que incluem produção de antibióticos e sideróforos. Essas substâncias protéicas amplamente produzidas por espécies de bactérias aeróbicas e facultativamente por espécies anaeróbicas têm a função de sequestrar e transportar o Fe^3 , quando este se encontra em teores de deficiência no meio ou quando não se encontra na forma disponível para as plantas e demais microrganismos no solo.

Interessante observar que, na variedade de microrganismos conhecidos que sintetizam sideróforos além das bactérias já mencionadas do gênero *Pseudomonas* e *Bacillus* sp., estão incluídas, também, várias bactérias entéricas; bactérias patogênicas de humanos e animais

pertencentes ao sub-grupo coliformes termotolerantes, dentre elas *Escherichia coli* (BENITE et al., 2002).

Dessa forma, poder-se-á prever que a irrigação de diferentes culturas com o efluente possibilitará um adensamento de rizobactérias, o que, supostamente, promoverá um desencadeamento de ações e reações bioquímicas entre as bactérias do gênero *Pseudomonas* do grupo fluorescente e *Bacillus* sp. com as bactérias do grupo coliformes vindas no efluente. Ações estas, que poderão ser caracterizadas por competição por sequestro de íon ferro, outros nutrientes como o fósforo, além da antibiose e influência de fatores físicos, como umidade relativa do ar e exposição à radiação ultravioleta natural.

A esse respeito Ribas e Fortes Neto (2008) constaram que a adição de efluente estimulou a multiplicação de *Pseudomonas fluorescense* e *Bacillus* sp. na rizosfera das culturas de feijão preto, cevada, aveia e triticale e a redução de coliformes termotolerantes foi mais acentuada na rizosfera do feijão preto. Mais recentemente Veiga e Fortes Neto (2011) nas mesmas condições observaram que à medida que o número de colônias de *Pseudomonas fluorescense* e *Bacillus* sp aumentavam na rizosfera de trigo, triticale e feijão o número de coliformes termotolerantes apresentou uma tendência de redução.

A sobrevivência dos microrganismos patogênicos esta condicionada também à variação das condições ambientais, tais como: umidade, pH, radiação solar, temperatura e concentração de matéria orgânica (CHERNICHARO, 1997). Assim Soares et al. (2005) observaram que a umidade do solo interfere na sobrevivência de *Salmonella typhosa* no solo. A persistência da bactéria nos solos arenosos, de baixa capacidade de retenção de água, foi de 4 a 7 dias durante o período seco, porém a sobrevivência da bactéria nos solos argilosos, com alta capacidade de retenção de água, foi superior a 42 dias. Em geral, a persistência da *Salmonella typhosa* em todos os tipos de estudos foi maior durante o período chuvoso. Já Van Donsel et al. (1967) encontraram redução de 90% do nível populacional de coliformes fecais com 3,3 e 13,4 dias nas amostras de solo expostas ao ar livre, no verão e inverno, respectivamente. Chandler e Craven (1978) constataram que períodos de 18 dias em solo com 30% de umidade e de 2,5 dias em solo com 10% de umidade reduziram em 90% o nível populacional de *Escherichia coli*, para uma temperatura ambiente de 20°C. O tempo de sobrevivência de *Salmonella typhosa* em solos ácidos (pH de 3 a 5) é bem menor do que em alcalinos (SOARES et al., 2005).

Butler et al. (1954) aplicaram esgoto sanitário tratado na superfície de um solo argilo-arenoso e verificaram que, na camada de 1,2 a 2,1 m de profundidade, os níveis de contaminação por coliformes fecais foram inferiores a um microrganismo por 100 mL de

efluente. Bitton (1994) afirmou que, a partir de 3 m no perfil do solo, os coliformes fecais não conseguem sobreviver, provavelmente, em razão da ausência de material orgânico, fundamental à sua sobrevivência.

Estudo realizado por Santos (2004) constatou que os fatores ambientais proporcionaram o controle dos coliformes fecais após suspender a aplicação do efluente por um período de duas semanas. Tal resultado confirma que a sobrevivência dessas bactérias é menor sob altas temperaturas, baixa umidade do solo, ou quando expostos a uma maior incidência de radiação solar.

Metodologia e procedimentos

O experimento foi conduzido no município de Taubaté (SP), ao lado da estação de tratamento de esgoto por leito cultivado com macrofita utilizada para tratar dos efluentes gerados no Departamento de Ciências Agrárias da Universidade de Taubaté. O estudo foi iniciado em abril de 2009 e teve duração de 4 meses.

O efluente tratado (Tabela 1) utilizado na irrigação era proveniente da estação de tratamento de esgoto por leito cultivado, localizada adjacente à área do experimento, a estação é composta de fossa séptica, filtro anaeróbico de fluxo ascendente e leito cultivado com *Typha* sp e com tempo de detenção hidráulica de aproximadamente 5 dias.

Tabela 1. Caracterização química, física e microbiológica do efluente tratado no leito cultivado

Elementos	Resultados
Fósforo total (mg/L)	6,1
Turbidez (UNT)	110
Cor (mg PT/L)	100
pH	7,8
Condutividade elétrica ($\mu\text{S/cm}$)	880
DQO (mg/L)	240
DBO ₅ (mg/L)	100
OD (mg/L)	0,8
Coliformes termotolerantes (NMP /g ST)	46×10^3

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico e apresentou a seguinte composição química: pH(CaCl_2) = 4,5; fósforo (mg dm^{-3}) = 82; matéria orgânica (mg dm^{-3}) = 21; potássio ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) = 2,9; cálcio (mg dm^{-3}) = 24; magnésio (mg dm^{-3}) = 6;

hidrogênio + alumínio (mg dm^{-3}) = 37; soma de bases (mg dm^{-3}) = 32,9; capacidade de troca de cátions (mg dm^{-3}) = 69,9 e saturação de bases (mg dm^{-3}) = 47.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com cinco tratamentos e quatro repetições, constituídos por quatro culturas agrícolas de inverno. Os tratamentos aplicados foram: T₁=sem cultivo; T₂ = Trigo (*Triticum aestivum*); T₃ = Triticale (*Triticosecale rimpau*); T₄ = Feijão Preto (*Phaseolus vulgaris*) e T₅ = Feijão Preto + Trigo.

A taxa de efluente aplicada foi calculada tendo como base a quantidade de nitrogênio determinada na composição química do efluente e a necessidade de nitrogênio recomendada para atender às culturas agrícolas.

A área total do experimento foi de 120 m², onde foram distribuídas as 20 unidades experimentais com área de 2m² (1,00 m de largura por 2,00 m de comprimento). Antes do plantio foi realizada a calagem (0,2 kg/m²), após a calagem efetuou-se a abertura dos sulcos para realizar a semeadura. Após o plantio a irrigação foi realizada com água do poço e depois da germinação a irrigação foi realizada com o efluente tratado a cada cinco dias até completar o ciclo da cultura.

As amostras de solo rizosféricos foram coletadas 60 dias após a semeadura, para isso foram retiradas duas plantas com o sistema radicular aderido ao torrão do solo. Ao chegar ao laboratório o solo aderido às raízes foi coletado e homogeneizado, depois 10g de solo de cada planta foi colocado em frasco com tampa de rosca contendo solução salina esterelizada. A partir daí, prepararam-se diluições seriadas para as análises de *Pseudomonas fluorescens* e Coliformes termotolerantes.

Para a determinação de *Pseudomonas fluorescens* alíquotas de 0,1mL de cada diluição 10⁻², 10⁻³ e 10⁻⁴, foram transferidas para as placas de Petri contendo meio de cultura de B de King e espalhadas com alça de Drigalski em triplicata. As placas foram mantidas a 28 ± 2°C por 72 horas (KING et al., 1954). Após o período de incubação as colônias foram observadas sob incidência de luz ultravioleta no interior da câmara negra, para avaliação da presença ou não de um halo esverdeado fluorescente, característico das *Pseudomonas fluorescens*.

O procedimento para a contagem de *Bacillus* spp foi semelhante ao utilizado para *Pseudomonas fluorescens* só que as diluições sem série foram colocadas em banho Maria a ± 80°C por cerca de 20 minutos e resfriadas a uma temperatura ambiente antes de serem transferidas para as placas de Petri. Alíquotas de 0,1 mL das diluições 10⁻³, 10⁻⁴ e 10⁻⁵, com três repetições, foram transferidas para placas de Petri contendo meio de cultura BDA, a

contagem de colônias que cresceram no meio de cultura foi realizada após a incubação das placas de Petri em estufa a $\pm 28^{\circ}\text{C}$ por 72 horas.

A determinação de Coliformes termotolerantes pela contagem do número mais provável seguiu a metodologia preconizada no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edth (APHA, 2000).

Os resultados foram submetidos à análise da variância e as diferenças entre as médias ao teste de Tukey a 5%.

Ocorrência de *Pseudomonas fluorescens*

Os valores de *Pseudomonas fluorescens* expressos em Unidades Formadoras de Colônias (log de UFC/g de solo) determinados em amostras de terra coletadas nas parcelas sem e com cultivos, 60 dias após a aplicação do efluente estão apresentados na Figura 1, nota-se que houve diferença significativa entre os tratamentos com cultivo agrícola quando comparado com a parcela sem cultivo.

Verifica-se na Figuras 1 que o número de *Pseudomonas fluorescens* foi mais acentuado na parcela com culturas consorciadas e a menor incidência na parcela sem culturas agrícolas.

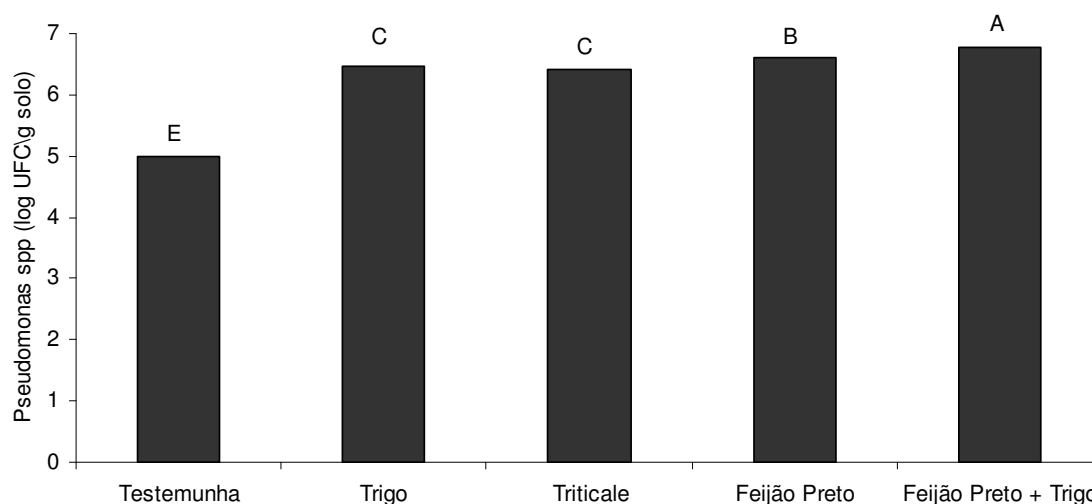


Figura 1. Número de colônia de *Pseudomonas fluorescens* no solo sem e com cultivo de culturas agrícolas fertilizado com efluente tratado (Médias seguidas de letras maiúsculas iguais, não diferem significativa entre si pelo teste de Tukey a 5%).

O maior número de *Pseudomonas fluorescens* nas parcelas com culturas agrícolas reforça a hipótese do efeito da rizosfera, pois a espécie *Pseudomonas* é conhecida como bactéria de raízes ou rizobactérias (LUZ, 1993; KLOEPPER, 1996).

Analisando as culturas isoladas, observa-se que as parcelas cultivadas com feijão preto apresentaram os maiores valores de *Pseudomonas fluorescens*, seguida depois pelas culturas de trigo e triticale.

Ocorrência de *Bacillus* spp

Os valores de *Bacillus* spp expressos em Unidades Formadoras de Colônias (log de UFC)/g de solo) estão apresentados nas Figuras 2, percebe-se que a ocorrência de *Bacillus* spp apresentou diferenças significativas entre os tratamentos com culturas agrícolas quando comparado com o tratamento sem cultivo.

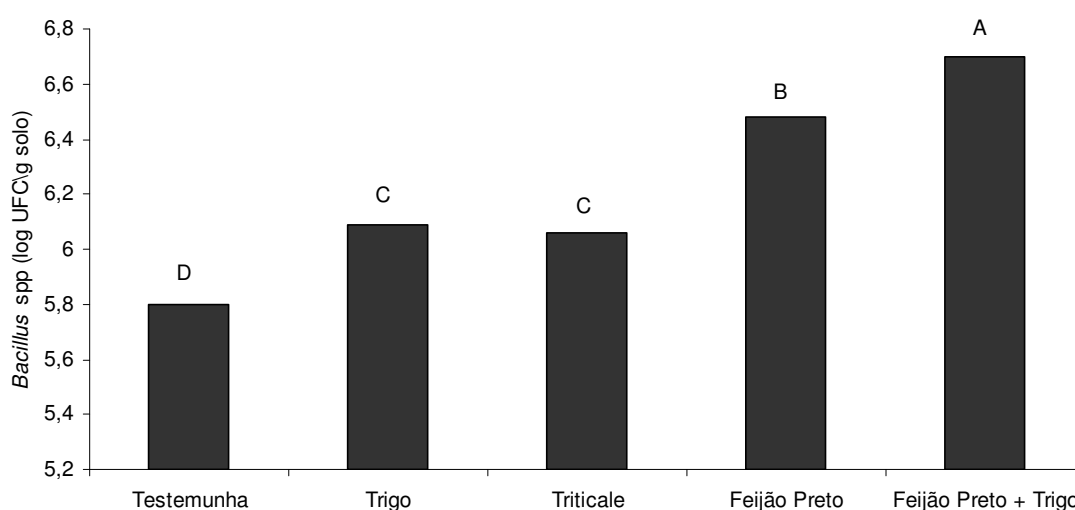


Figura 2. Número de colônia de *Bacillus* spp no solo sem e com cultivo de culturas agrícolas fertilizado com efluente tratado (Médias seguidas de letras maiúsculas iguais, não diferem significativa entre si pelo teste de Tukey a 5%).

Entretanto os números de *Bacillus* spp no solo da parcela com cultivo consorciado com feijão-preto e trigo apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos quando comparado com os valores determinados nas culturas não consorciadas (Figuras 2).

O aumento de colônias de *Bacillus* spp nas parcelas com culturas agrícolas sugerem que estes microrganismos foram estimulados pela presença das raízes no solo, pois as espécies *Bacillus* spp são reconhecidas como bactérias que habitam a região da rizosfera (LUZ, 1993; KLOEPPER, 1996).

Ocorrência de coliformes termotolerantes

Os resultados de coliformes termotolerantes determinados em amostras de solo coletadas aos 60 dias após a aplicação do efluente nas parcelas sem e com cultivos agrícolas,

estão apresentados na Figura 3. Observa-se que o número de coliformes termotolerantes reduziu significativamente no solo das parcelas cultivadas quando comparados com os valores destes organismos determinados na parcela sem cultivo. Estes resultados evidenciam o efeito da atividade rizosférica, pois a presença das raízes estimula o desenvolvimento de várias espécies de microrganismos no solo.

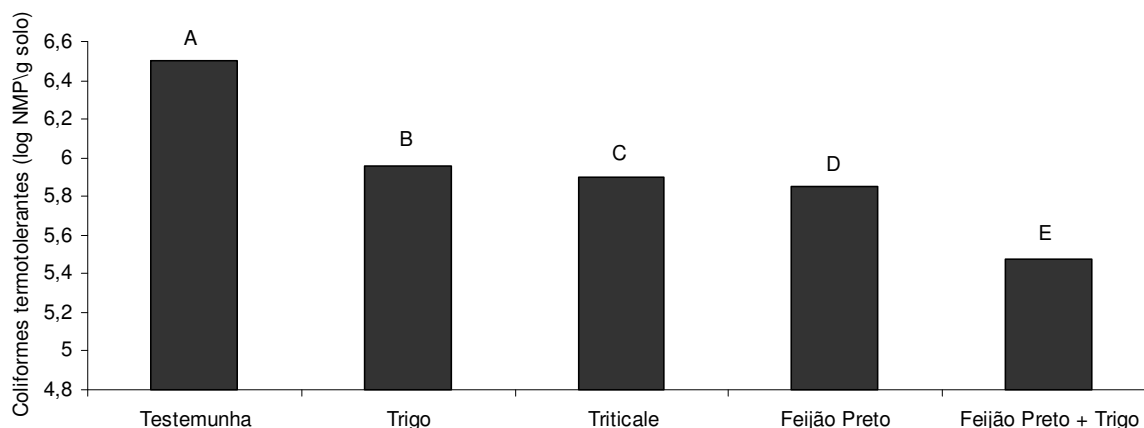


Figura 3. Número mais provável de coliformes termotolerantes colônia no solo sem e com cultivo de culturas agrícolas fertilizado com efluente tratado (Médias seguidas de letras maiúsculas iguais, não diferem significativa entre si pelo teste de Tukey a 5%).

O efeito da interação das raízes com a ocorrência de coliformes termotolerantes foi mais pronunciado nas parcelas com cultivos consorciados, pois nesta situação o efeito rizosférico foi mais evidente do que nas parcelas com uma única cultura.

Comparando os valores de coliformes termotolerantes no solo de parcelas com cultivo único, verifica-se que na parcela com feijão preto a ação rizosférica foi mais eficiente do que a rizosfera das culturas do trigo e triticale

Comparando as Figuras 1, 2 e 3 verifica-se que o número de Coliformes Termotolerantes diminui a medida em que se elevam o número de colônias de *Pseudomonas fluorescens* e *Bacillus* sp nas parcelas cultivadas com culturas agrícolas. Esses resultados sugerem que as rizobactérias inibiram o crescimento e o desenvolvimento de Coliformes Termotolerantes, provavelmente por meio da ação de reação de antibiose, tendo em vista que as rizobactérias são grupos microbianos com capacidade de produzir antibióticos (FERNANDEZ e VEGA, 2001; CAVINATTO e PAGANINI, 2007).

CONSIDERAÇÕES GERAIS

- As raízes das culturas agrícolas estimularam o desenvolvimento das rizobactérias;

- As rizobactérias *Pseudomonas* spp fluorescentes e *Bacillus* sp na rizosfera das culturas agrícolas inibiram o desenvolvimento de coliformes termotolerantes no solo rizosférico;
- O cultivo consorciado do feijão preto com trigo apresentou a maior densidade das rizobactérias.
- O número de coliformes termotolerantes foi mais elevado no solo sem cultivo agrícola.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), pelo apoio e financiamento para a realização do projeto MCT/CNPq/CT-AGRONEGÓCIO/CT-HIDRO - Nº 27/2008.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA) – AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA). 20th Ed. **Standard methods for examination for water and wastewater**. Washington, 2000.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Trad. GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; DAMASCENO, F. A. V. Campina Grande: UFPB, 1999. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29, revisado 1).

BALKS, M. R.; BOND, W. J.; SMITH, C. J. Effects of sodium accumulation on soil physical properties under na effluent-irrigated plantation. **Australian Journal of Soil Research**. Melbourne, v. 36, n. 5, p. 821-830, 1998.

BASTOS, R. K. X. et al. **Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura**. PROSAB – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. Viçosa, MG, 2003.

BENITE, A. M. C.; MACHADO, S. P. Sideróforos: uma resposta dos microrganismos. **Química Nova**, v. 25, n. 6B. Rio de Janeiro. UFF, 2002.

BITTON, G. Wastewater microbiology. New York: Willey-liss, 1994.

BOND, W.J. Effects effluent-irrigated an environmental challenge for soil science. **Australian Journal of Soil Research**. Melbourne, v. 36, n. 4, p. 543-555, 1998.

BOUWER, H; IDELOVITCH, E. Quality requirements for irrigation with sewage water. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 113, p. 516-535, 1987.

BUTLER, R. G.; ORLOB, G. T.; McGAUHEY, P. H. Underground movement of bacterial and chemical pollutants. **Journal of the American Water Works Association**, v. 46, n. 2, p. 97-111, 1954.

CAVINATTO, W. S.; PAGANINI, A. S. Os microrganismos nas atividades de disposição de esgotos no solo – Estudo de caso. **Eng. Sanit. Ambient.** v.12, n. 1, jan./mar. 2007, p. 42-51.

CHERNICHARO, C. A. L. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**: tratamentos anaeróbios. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária/UFGM, v. 5, 1997.

CHANDLER, D. S.; CRAVEN, J. A. Relationship of soil moisture to survival of *Escherichia coli* and *Salmonella typhimurium*. **Journal of Agricultural Research**, v. 29, n. 1, p. 577-585, 1978.

- COELHO, L. F.; FREITAS, S. S.; MELO, A. M. T. M.; AMBROSANO, G. M. B. Interação de bactérias fluorescentes do gênero *Pseudomonas* e *Bacillus* spp. com a rizosfera de diferentes plantas. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, v. 31, p. 1413-1420, 2006.
- CORAUCCI FILHO, B. **Tratamento de Esgoto Doméstico no Solo pelo Método do Escoamento Superficial**. 1991, 400 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) –Departamento de Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - USP, São Paulo, 1992.
- CROMER, R. N.; TOMPKINS, D.; BARR, N. J.; HOPMANS, P. Irrigation of Monterey pine with wastewater: effect on soil chemistry and groundwater composition. **Journal of Environmental Quality**, v.13, p. 569-542, 1984
- FEIGIN, A.; RAVINA, I.; SHALHEVET, J. **Irrigation with treated sewage effluent**: management for environmental protection. Berlin: Springer, 1991.
- FERNÁNDEZ, O.; VEGA, L. Microorganismos antagonistas para el control fitosanitario. **Manejo Integrado de Plagas**, Costa Rica, n. 62, p. 96-100, 2001.
- FONSECA, A.F.; MELFI, A.J.; MONTEIRO, F.A; MONTES, C.R.; ALMIDA, V.V.; HERPIN, U. Treated sewage effluent as a source of water and nitrogen for Tifton 85 bermudagrass. **Agriculture Water Management**, Amsterdam, v. 87, n.3, p.328-336, 2007.
- FRIEDEL, J. K; LANGER, T.; SIEBE, C.; STHARR, K.Effects of long-term waste irrigation on soil organic matter, soil microbial biomass and its activities in central Mexico. *Biology and Fertility in Soils*, Berlin, v.31, n.5, p.414-421, 2000.
- GOMES, T. M.; MELFI, A. J.; MONTES, C. R.; SILVA, E.; SUNDEFED JÚNIOR, G. C.; DEON, M. D.; PIVELLI, R. P. Aporte de nutrientes e estado nutricional da cana-de-açúcar irrigada com efluente de estação de tratamento de esgoto com e sem desinfecção. *Revista DAEE*, São Paulo, ano LX, p 17-23, ago. 2009.
- GONÇALVES, R. A. B.; FOLEGATTI, M. V.; GLOAGUEN, T. V.; LIBARDI, P. L.; MONTES, C. R.; LUCAS, Y. Y. Método alternativo para determinar a condutividade hidráulica em solo irrigado com águas residuárias. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, supl., p. 1-5, 2005.
- JNAD, I.; LESIKAR, B.; KENIMER, A.; SABBAGH, G. Subsurface drip dispersal of residential effluent: II. Soil hydraulic characteristics. **Transactions of the ASAE**, v. 44, n. 5, p. 1159-1165, 2001.
- JOHNS, G.G.; MCCONCHIE, D.M. Irrigation of bananas with secondary treated sewage effluent. I. Field evaluation of effect on plant nutrients and additional elements in leaf, pulp and soil. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 45, n. 7, p. 1601-1617, 1994.
- KLOEPPER, J. W. Host specificity in microbe-microbe interactions. **Bioscience**, v. 46, p. 406- 409, 1996.
- KING, E. O.; WARD, M. K.; RANEY, D. E. Two simple media for the demonstration of pyocyanin and fluorescein. **Journal of Laboratory and Clinical Medicine**, v. 44, p. 301-307, 1954.
- LUND, M.; LODAL, J. 1978. Resistance in the house mouse. **Danish Pest Inf. Lab. Ann. Rep.** (1977), p. 73-74.
- LUZ, W. C. Microbiolização de sementes para o controle de doenças de plantas. In: LUZ, W. C.; FERNANDES, J. M.; PRESTES, A. M.; PICININI, E. C. (Ed.). **Revisão anual de patologia de plantas**. Passo Fundo: RAPP, 1993.
- MEDEIROS, S. S. **Alterações físicas e químicas do solo e estado nutricional do cafeeiro em resposta à fertirrigação com água residuária de origem doméstica**. 2005. 114 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Ambientais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2005.
- METCALF, L.; EDDY, H. P. **Wastewater engineering**: treatment, disposal and reuse. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 1991.

MIKKELSEN, A. L.; SMITH, S. D.; LINDENBERG, S. In-vitro maturation of immature human oocytes. **Human Reproduction** 13 (Abstract Book 1), 1998.

MOHAMMAD, M. J.; MAZAHREH, N. Changes in soil fertility parameters in response to irrigation of forage crops with secondary treated wastewater. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 34, n. 9-10, p. 1281-1294, 2003.

OLIVEIRA, H. V.; BEZERRA NETO, F.; AZEVEDO, C. M. S. B. A; LIMA, C. B; GURGEL, G. C. S. Alterações nas características químicas de um Argissolo Vermelho-Amarelo irrigado com efluente de piscicultura, em ambiente protegido. **Revista Agro@mbienteOnline**, v. 3, n. 1, p. 9-14, Jan.-Jul. 2009.

PAULA, A. M.; NOGUEIRA, S. F.; FONSECA, A. F.; CARDOSO, E. J. B. N.; MELFI, A. J. Aporte de carbono e nitrogênio e atividade microbiana de solo sob pastagem irrigada com esgoto tratado. **Revista DAEE**, São Paulo, ano LX, p. 10-16, ago. 2009.

QUEIROZ, F. M. et al.. Características químicas do solo submetido ao tratamento com esterco líquido de suínos e cultivado com gramíneas forrageiras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 5, p. 1487-1492, set./out. 2004.

QUIN, B. F.; FORSYTHE, L. J. Surface irrigation of treated sewage effluent. II. Drainage losses of nitrate and other nutrients. **New Zeland Journal of Agricultural Research**, v. 21, p. 427-34, 1978.

RAMIREZ-FUENTES, E.; LUCHO-CONSTANTINO, C.; ESCAMILLA-SILVA, E.; DENDOOVEN, L. Characteristic, and carbon and nitrogen dynamics in soil irrigated with wastewater for different lengths of time. **Bioresource Technology**, Essex, v. 85, n. 2, p. 179-187, 2002.

RIBAS, T. B. C.; FORTES NETO, P. Disposição no solo de efluentes de esgoto tratado visando à redução de coliformes termotolerantes. **Revista Ambiente Água**, v. 3, n. 3, p. 81-94, 2008.

SANTOS, S. S. **Influência da aplicação, via irrigação por gotejamento, de esgoto sanitário tratado na cultura do cafeeiro e no solo**. 2004. 70 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

SMITH, C. J.; HOPMANS, P.; COOK, F. J. Accumulation of Cr, Pb, Cu, Ni, Zn and Cd, in soil following irrigation with treated urban effluent in Australia. **Environmental Pollution**, v. 94, p. 317-323, 1996.

SOARES, A. A.; BATISTA, R. O.; SOUZA, J. A. A. Aspectos Técnicos da Irrigação com águas de qualidade inferior. In: **Workshop Uso e Reúso de Águas Inferiores: Realidade e Perspectivas**, 2005, Campina Grande, PB.

VAN DONSEL, D. L.; GELDREICH, E. E.; CLARKE, N. A. Seasonal variations in survival of indicator bacteria in soil and their contribution to storm-water pollution. **Applied Microbiology**, v. 15, n. 6, p. 1362-1370, 1967

VAN DER HOEK, W.; HASSAN, U. M.; ENSINK, J. H. J.; FEENSTRA, S.; RASCHID-SALLY, L.; MUNIR, S.; ASLAM, R.; ALIM, N.; HUSSAIN, R.; MATSUNO, Y. Urban wastewater: a valuable resource for agriculture. A case study from Horoonabad, Pakistan. Colombo, Sri Lanka: International, Water Management Institute, 2002. (Research Report, 63)

VAZQUEZ-MONTIEL, O.; HORAN, N. J.; MARA, D. D. Management of domestic wastewater for reuse in irrigation. **Water Science Technology**, Londres, v. 33, n. 10-11, p. 355-62, 1996.

VEIGA, P.G. A.; FORTES NETO, P. **Ocorrência de coliformes termotolerantes e microrganismos na rizosfera de culturas agrícolas fertilizadas com efluentes de esgoto tratado**. 2011. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais. Universidade de Taubaté, Taubaté, SP, 2011.

WANG, Z.; CHANG, A. C.; WU, L.; CROWLEY, D. Assessing the soil quality of long-term reclaimed wastewater-irrigated cropland. **Geoderma**, Amsterdam, v. 114, n. 3/4, p. 261-278, 2003.

Proposta Metodológica para Auxiliar na Aula de Campo com Temas Ambientais para o Aluno do Ensino Fundamental II

Joceli Mota Correa da Rocha⁽¹⁾

Simey Thury Vieira Fisch⁽¹⁾

INTRODUÇÃO

A temática desse capítulo se refere ao uso de uma cartilha para o docente do ensino fundamental II como uma proposta metodológica para auxiliar na prática de aula de campo com temas ambientais. Para isso é importante mencionar que alunos dessa etapa de ensino, que vai do sexto ao nono ano (6º ao 9º ano) correspondem a uma faixa etária que começa na puberdade e vai até a adolescência. Essa é fase do desenvolvimento das operações formais, que tem início aproximadamente entre 11 ou 12 anos (Wadsworth, 1997, p. 125). O adolescente, já com as operações formais bem desenvolvidas, pensa tão bem quanto os adultos e diante de problemas tem a capacidade de aplicar teorias e hipóteses para dar soluções.

Esses alunos podem pensar criticamente sobre os problemas lançados para reflexão e discutir soluções de cunho teórico científico com os professores e colegas de turma. Podem fazer associação entre a teoria e a prática vivenciada, por exemplo, em aula de campo e também pensar sobre o futuro. Por isso, a aula a ser aplicada tem de ser pensada antecipadamente pelo docente, planejada minuciosamente cada detalhe para que não haja imprevistos.

A aula de campo é importante meio para o aluno sistematizar a aprendizagem dos temas ambientais, tomar consciência da realidade que se passa e refletir para a busca de oportunidade de melhoria. Já, o docente ao planejar atividades no contexto da educação ambiental pode ter a certeza da participação e motivação de seus alunos. O fato de afastar-se da rotina da sala de aula já é um ponto positivo, a certeza de uma aula diferente é motivadora e o espaço físico faz diferença nesse processo de ensinar e aprender.

⁽¹⁾ Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, Departamento de Ciências Agrárias, Universidade de Taubaté, Estrada Municipal Dr. José Luis Cembranelli, 5000 - Fazenda Piloto - Itaim, Cep - 12081-010, Taubaté, SP, Brasil. email: simey@unitau.br

A educação ambiental - EA é um processo de formação para a aculturação e para a mudança de hábitos, atitudes, comportamento e valores das pessoas, é uma construção de conhecimentos que acompanhará o indivíduo ao longo de sua vida e quanto mais cedo a aprendizagem acontecer mais profunda se tornará.

O homem é um ser de formação e desenvolvimento contínuo, é um ser integrante do meio e tem poder para preservar, conservar ou destruir qualquer espaço do ambiente natural em que ele mesmo faz parte. Uma vez conscientizado desde cedo por meio da EA poderá fazer diferença no meio em que está inserido e com as pessoas com quem convive. Acredita-se que a necessidade é a de conscientização e a tomada de decisão, visto que não adianta ter consciência e não ter atitude para mudar a si mesmo, seu comportamento e suas atitudes. Pensando nisso, verifica-se urgência de se trabalhar com a educação ambiental com indivíduos em tenra idade.

Para isso, Torre et al (2014) comentam que,

A formação de sujeitos escolares em uma perspectiva crítica e transformadora requer o investimento na elaboração e na efetivação de abordagens teórico – metodológico que propiciem a construção de concepções de mundo. [...] Defendemos uma Pedagogia que esteja voltada à inserção dos educandos em seu processo de ensino e de aprendizagem.

Nos documentos oficiais também se aborda sobre a formação do sujeito, é evidente nas linhas dos artigos da Lei de diretrizes e Base da Educação Nacional – LDBEN (Brasil, 1996), os Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN (BRASIL, 1997; 1998; 2000) e o Plano Nacional de Educação –PNE (BRASIL, 2001). Dessa forma, a escola sendo um ambiente de formação contínua tem a oportunidade de abrir para a discussão as diversas temáticas ambientais. As aulas dos diferentes componentes curriculares com auxílio da interdisciplinaridade podem abordar as questões de problemas ambientais em diversos espaços como na própria sala de aula como em ambientes naturais. Nesses ambientes naturais que oferecem novas possibilidades que a sala de aula, o professor terá de buscar mecanismos e estratégias para explicar o que nesses ambiente é explícito.

O professor tem toda a liberdade para criar, planejar e idealizar como vai desenvolver os conceitos, procedimentos acerca das temáticas ambientais. Porém, é preciso ter claro que a metodologia adotada pelo docente pode determinar a aprendizagem do aluno de maneira positiva ou negativa. A metodologia é fator primordial para a motivação do aluno, tem impacto em despertar o interesse pelo que lhe é apresentado. Nesse sentido a aula desenvolvida, a partir dos procedimentos metodológicos escolhidos pelo docente, é um

momento de grande valia. O novo saber, exposto pelo docente em um determinado ambiente precisa chegar aos alunos, àqueles que vêm para esse espaço procurando o saber. Esse conceito, de que o aluno que chega à escola em busca do novo saber, conforme Nérice (1985) seria o conceito para a aula.

De acordo com as orientações didáticas dos Parâmetros Curriculares Nacionais PCNs, as aulas devem ser planejadas e aplicadas com diferentes metodologias e estratégias diferenciadas que motivem para a aprendizagem. Desse modo, no planejamento cabe ao docente a responsabilidade de fazer a escolha dos métodos, dos objetivos mais adequados para o tipo de conteúdo que vai trabalhar. Sobre a prática de preparar a aula Libâneo (2011, p. 150) afirma ~~diz~~ que em sala de aula, no dia a dia, o professor precisa utilizar métodos de ensino que podem ser “[...] um conjunto de ações, passos, condições externas e procedimentos que auxiliam na estimulação e construção do conhecimento”. Assim, no momento em que o professor for apresentar seu conteúdo é importante que seja propiciada a oportunidade para que o alunado consiga perceber, comparar, selecionar, classificar, definir, criticar e que a partir daí consiga elaborar sua aprendizagem, independente da disciplina todo docente precisa estar atento na hora do planejar sua aula.

O professor que opta em desenvolver aula de campo com os temas ambientais sabe que sua decisão promoverá oportunidade ao aluno para atingir de maneira prazerosa os objetivos estabelecidos de aprendizagem conceituais, procedimentais e principalmente comportamentais. Daí a importância do uso de ferramentas para compor suas estratégias metodológicas, como as informações e dados contidos em cartilha sobre “aulas de campo para Educação Ambiental”. Com aula de campo como proposta do presente trabalho tem como objetivo auxiliar o docente na prática de sua aula com temas ambientais.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Educação ambiental na escola

A Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999 dispõe sobre a educação ambiental e institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. No Art. 1º entende-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sustentabilidade. Também no Art. 2º ainda sobre a educação ambiental, destaca-se que

é um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e informal.

A Educação Ambiental- EA vem sendo cenário de estudo em diversas áreas, porém a que se ressaltará aqui tem âmbito nos processos educativos escolares, uma vez que a escola é um ambiente social de formação do cidadão, onde as pessoas interagem umas com as outras construindo conhecimento. Loureiro e Torres (2014) destacam em sua obra a quantidade de pesquisas sobre EA que foram desenvolvidas em determinado período e denominada estado da arte,

Na produção em EA que ocorreu no período de 1981 a 2003 foram localizadas 738 dissertações e 74 teses relacionadas a educação ambiental totalizando 812 trabalhos, produzidos nesta época. (LOUREIRO e TORRES, 2014).

Ainda assim, com tantos trabalhos realizados até o final do século XX se faz necessário dar ênfase e investir nas produções de EA, visto que o meio ambiente sofre com ações do homem nos mais diversos âmbitos e escalas. Assim, são vários os problemas relacionados ao meio ambiente e sua discussão é de suma importância para que haja a conscientização das pessoas da sociedade e seus governantes. O que se percebe é que as ações para reverter e buscar uma melhoria para as problemáticas ambientais estão sendo desenvolvidas há algum tempo, como por exemplo o Protocolo assinado em Kyoto no Japão no ano de 1997, que entrou em vigor somente em fevereiro de 2005.

O Protocolo tinha como objetivos a redução de gases-estufa e também novas possibilidades de negócios, caracterizando a ordem ambiental internacional como um conjunto de mecanismos que regulam a ação humana no planeta com perspectivas comerciais (RIBEIRO, 2001).

Sobre a EA na escola, BRASIL (2007) apresenta uma reflexão sobre as implicações de sua inserção na legislação brasileira, considerando o seu acesso por todo cidadão ser um direito assegurado por lei. Discutem características da Política Nacional de Educação Ambiental, principalmente aquelas relacionadas à educação formal. Dessa forma é importante a Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981, que instituiu a Política Nacional de Meio Ambiente, em seu artigo 2º, inciso X, e traz a necessidade de promover a educação ambiental a todos os níveis de ensino, inclusive a “educação da comunidade, objetivando capacitá-la para participação ativa na defesa do meio ambiente”.

Também na legislação educacional, na Lei nº 9.394/96, é possível observar que tímida e superficialmente se faz uma menção sobre a educação ambiental. Consta no artigo

32, inciso II, o qual exige para o ensino fundamental, a “compreensão ambiental natural e social do sistema político, da tecnologia, da arte e dos valores em que se fundamenta a sociedade”. [...] artigo 36, §1º, segundo o qual os currículos do ensino fundamental e médio com a observância dos preceitos da Lei nº 9.795/99.

Em consonância com o artigo 36 da Lei 9.394/96, para a parte pedagógica de operacionalização da educação ambiental, encontra-se nos Parâmetros Curriculares Nacionais um referencial carregado de orientações pedagógicas para o trabalho das escolas. A educação ambiental precisa ser um processo permanente de formação tanto para os alunos como também para os professores e equipe escolar em geral. Por ser um ambiente de formal de educação tem responsabilidades sobre a formação dos indivíduos e consequentemente da sociedade de onde se origina esse indivíduo.

A escola é um espaço privilegiado para estabelecer conexões e informações, como uma das possibilidades para criar condições e alternativas que estimulem os alunos a terem concepções e posturas cidadãs, cientes de suas responsabilidades e, principalmente, perceberem-se como integrantes do meio ambiente. A educação formal continua sendo um espaço importante para o desenvolvimento de valores e atitudes comprometidas com a sustentabilidade ecológica e social (LIMA, 2004).

A escola segundo Libâneo (1998),

Tem o compromisso de reduzir a distância entre a ciência cada vez mais complexa e a cultura de base produzida no cotidiano, e a provida pela escolarização. Junto a isso tem o compromisso de ajudar ao alunos a tornarem-se sujeitos pensantes, capazes de construir elementos categoriais de compreensão e apropriação crítica da realidade.

O autor ainda ressalta que o professor precisa ser capaz de ajustar sua didática às novas realidades da sociedade, do conhecimento, do aluno, dos diversos universos culturais, dos meios de comunicação.

2.2 Aulas de campo com temas ambientais

A ação de educar não é tarefa fácil de ser realizada, mas por meio da aula, que é um componente organizado pelo docente, tem-se o momento propício para educar, pois, através das aprendizagens o homem tem condições de transformar a si próprio e o seu habitat natural. Arendt (2000) tratou do tema “Eternidade versus Imortalidade”, explicando que o homem se deu conta de que, para alcançar de certa forma a eternidade, teria de produzir coisas (obras, feitos e palavras), ou seja, seria por meio da cultura/política. As coisas grandiosas realizadas na vida pública, que os tornariam eternos por meio da lembrança, da história, pela memória dos seus feitos e palavras os quais eles deixariam para posteridade.

Nessa ênfase da aprendizagem é importante notar o que Paulo Freire (1996) ressaltou sobre esse processo.

[...] o processo de aprender, em que historicamente descobrimos que era possível ensinar como tarefa não apenas embutida no aprender, mas perfilada em si, com relação a aprender, é um processo que pode deflagrar no aprendiz uma curiosidade crescente que pode torná-lo mais e mais criador.

Essa fala de Paulo Freire desperta para uma reflexão sobre a aula e ao realizar uma busca na didática sobre a estruturação da aula verifica-se que ela precisa estar centrada na realidade discente, despertando a vontade e o desejo de aprender, é preciso ter motivo e sentir-se motivado. Percebe-se em trabalhos já realizados como os de SENICIATO e CAVASSAN (2004); CORRÊA FILHO (2015), a importância de se ressaltar que fora do espaço da sala de aula o discente tem a oportunidade de experimentar o que aprendeu em sala e associar à prática, a objetos concretos do ambiente natural e assim ANTUNES (2002) discute sobre o estímulo dos alunos para perceberem o mundo que os rodeiam.

Sobre a aula de campo, Oliveira e Correia (2013) aduzem que, associadas às aulas teóricas auxiliaram os alunos na compreensão da realidade dos ecossistemas locais, pois levá-los ao ambiente *in loco* para estudá-lo fez modificar e ampliar suas impressões acerca dos conhecimentos sobre a natureza em questão.

Neste sentido, Silva et al. (2014) ressaltam que as aulas de campo visam a aprimorar os conhecimentos dos discentes e aproximá-los do mundo dos livros através de experiências reais, regionais e cotidianas. Em contribuição a esse pensamento, Moraes et al. (2015) em seu trabalho sobre as Ciências da Natureza em ambientes naturais, relatam a importância da aula de campo e de sua eficiência para aprendizagem, ressaltando que:

A realização de aulas relacionadas a Ciências da Natureza em ambientes naturais tem sido apontada como prática educacional eficaz e eficiente, tanto por envolver e motivar adolescentes nas atividades educativas, quanto por caracterizar importante instrumento relacionado à superação da fragmentação dos conteúdos escolares.

Ainda sobre a aula de campo, Barbosa et al. (2014) salientam que “o trabalho a campo é um rico instrumento didático, pois há uma integração entre teoria e prática, propiciando ao aluno realizar observações e refletir sobre o tema em estudo”. Nesta linha de raciocínio Lima; Braga (2015) aduzem que, o trabalho de campo surge como um recurso importante para se compreender de forma mais ampla a relação existente entre o espaço vivido e as informações obtidas em sala de aula, fazendo com que o aluno possa ter um melhor aproveitamento do conteúdo aprendido em sala de aula, tendo como objetivo principal

familiarizá-lo com os aspectos físicos e naturais e com as atividades humanas relacionadas ao uso da terra, percebendo assim a identidade do lugar ou da comunidade. Os autores destacam as visitas pelos estudantes são muito importantes porque permitem que tenham conhecimento sobre as questões ambientais existentes nas localidades e as medidas cabíveis para solucionar ou remediar estas ações que impactam os espaços naturais existentes na região. Além de servir como um forte instrumento de Educação Ambiental e sensibilização para os alunos, uma vez que o homem é o principal agente modificador do meio em que vive.

Nesta ênfase, acredita-se que o aluno em aula de campo terá a oportunidade de experimentar o objeto de estudo, o que consequentemente possibilitará a aprendizagem mais significativa e jamais esquecerá. Sobre esse pensamento, os autores deixam claro que esse tipo de aula motiva os alunos a se interessarem e a se aprofundarem nos assuntos já vistos em sala de aula. Por isso percebe-se a necessidade de um olhar atento para a relevância da aula de campo sendo ela uma prática pedagógica necessária na ação docente, dado que o PCN Meio Ambiente (2001) destaca nas Orientações Didáticas a importância de utilizar ambientes com a finalidade educativa e uma ampla gama de métodos para transmitir e adquirir conhecimento sobre o meio ambiente, ressaltando principalmente as atividades práticas e as experiências pessoais.

As atividades diferenciadas como a aula de campo são mais lúdicas, deixa o aluno à vontade, mais livre para participar, para questionar, ganha o docente que preparou a aula e ganha o discente que terá uma aula mais descontraída e motivadora. O que esses alunos aprendem, eles multiplicam quando chegam a sua casa com a família, com os próprios colegas da escola, com vizinhos e outros que façam parte de seu cotidiano. Medeiros et al. (2011) enfatizam que as atividades que as crianças podem tocar, transformar objetos e materiais trazem mais prazer ao desenvolver tais tarefas exigidas pelo educador. Isso terá um significado maior para o aluno, quando ele tiver a oportunidade de conviver com o ambiente natural, assim podendo trabalhar de forma interdisciplinar, sem fragmentar o processo de construção do conhecimento.

A partir dessas ideias, constata-se que com os mecanismos utilizados para o ensino como a aula de campo será possível a construção do conhecimento, pois no ambiente natural o aluno tem a oportunidade de visualizar, manipular e perceber o material concreto até então só visto teoricamente descrito no livro didático. Dessa maneira, Lima e Braga (2014) destacam que, trabalhar com os alunos nas aulas de campo significa criar estratégias para que eles percebam a relação existente entre o que ocorre dentro e fora de sala de aula. Significa disponibilizar elementos que lhe permitam o melhor entendimento, ajudando a compreensão e

a expansão do conhecimento, acreditando na importância da aula de campo como alternativa de ensino interdisciplinar.

Quando a escola propicia esse momento para o discente, faz com que haja um encontro entre a teoria e a prática, o aluno percebe que a teoria da sala de aula está presente no ambiente natural, no seu cotidiano. O que se percebe diante desse estudo é que o educador tem grande responsabilidade na formação do aluno, de prepará-lo para o mundo que o cerca, de conscientizá-lo para a relevância dos cuidados com o meio ambiente, espaço de habitat natural que oferece de maneira gratuita os recursos naturais para a subsistência do homem. Assim, sob o ponto de vista da importância da educação ambiental, as aulas de campo promovem a sensibilização dos alunos, para problemas ambientais e consequente conscientização. E como futuros cidadãos poderão intervir de forma direta no meio ambiente, com ações que visam à proteção, à conservação e ao equilíbrio dos impactos ambientais (ARAUJO et al., 2015).

A escola tem essa incumbência de formação com os pequenos que estão presentes todos os dias trazendo sua vivência e experiência de mundo. Os vários autores citados como, ARAUJO et al. (2015); LIMA e BRAGA (2014); MEDEIROS et al. (2011) trazem a ideia de uma aula que não se trata somente de um meio de transmitir informações, trata-se de um processo que envolve transformações no sujeito que aprende e incide sobre sua identidade e posturas diante do mundo. Todo trabalho desempenhado pela escola muda a sociedade, transforma pensamento humano e consequentemente suas ações.

Logo, segundo Barreto (2016), na atualidade, de acordo com a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), entende-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competência voltadas para a conservação do meio ambiente. De acordo com o Art. 2º (BRASIL, 1999): “A educação ambiental é um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não formal”.

Hoje, muito se ouve falar sobre o meio ambiente e que o desafio está no desenvolvimento sustentável e na qualidade de vida, isso, visando um mundo melhor. Iared; Oliveira (2011) alegam a importância de entendermos que, “o trabalho com a realidade contribui para a sensação de pertencimento ao município em que vivemos”. Uma vez que os alunos se sentem parte do que o docente expôs, acabam por valorizar, dar valor e significação ao que se é ensinado e aprendido e essa experiência o aluno leva para vida toda, nunca esquece.

Portanto, diante de fatores que trazem uma responsabilidade para dentro do ambiente escolar o que se nota é que não foi tomado para si esse compromisso, a responsabilidade de trabalhar com a educação ambiental, visto que muitas das escolas ainda agem com pequenos movimentos tímidos e em algumas realidades nada fazem. Os motivos do não fazer podem ser diversos e por trás deles, docentes se acomodam na mesmice da aula teórica, presa na sala de aula, atrelados ao livro didático e assim se repete a aula no decorrer do ano letivo.

Espera-se que a aprendizagem dos temas ambientais com a aula de campo, conforme os relatos trazidos pelos estudos aqui revisados, traga benefícios tanto na ênfase de conscientização para uma nova atitude, de valores e cidadania como principalmente na aprendizagem.

3 CARTILHA COMO MATERIAL DE APOIO AO DOCENTE

Cartilha é um material pedagógico que oferece um auxílio de conteúdos conceituais, procedimentos ou de atitudes e valores. É um livro com procedimentos metodológicos práticos para o docente e para o discente. Segundo Maciel et al. (2004) uma abordagem histórica das cartilhas vem responder também a uma necessidade de construir mais organicamente uma história do livro, da leitura e das práticas editoriais no Brasil. Trata-se de impressos que passam por um ciclo de produção, circulação e divulgação dependente de necessidades pedagógicas, mas também comerciais/culturais. Os autores evidenciam que a partir de 1834 ocorreu uma descentralização administrativa na condução das políticas de educação, com a delegação de poderes da esfera do Império para as Províncias. Assim, as políticas do período puderam estar materializadas no controle curricular, na compra, indicação e distribuição das cartilhas em cada região do País. O que se nota é que o uso de cartilha não é algo novo, mas sim um instrumento que tem tradição, relevante para o ensino de qualquer temática.

Perfazendo um percurso histórico das primeiras cartilhas Araújo (2008) descreve que a cartilha de João de Barro, publicada em 1540 foi escrita com o intuito de evangelizar na doutrina da igreja católica e ensinar as primeiras letras, era um instrumento para aprender a ler, aprender sobre gramática e ortografia. Mortatti (2006) expõe que as primeiras cartilhas brasileiras, produzidas no final do século XIX, sobretudo por professores fluminenses e paulistas a partir de sua experiência didática, baseavam-se nos métodos de marcha sintética (de soletração, fônico e de silabação). [...] método presente no primeiro livro de leitura de Felisberto de Carvalho, publicado em 1892. A autora ainda menciona que merecem destaque pela permanência das cartilhas: Hilário Ribeiro com a Cartilha Nacional, publicada no início

da década de 1880 com intuito de ensinar a ler e escrever e Thomas Paulo do bom Sucesso Galhardo com a Cartilha da Infância.

Mais tarde, aproximadamente em 1930, as cartilhas sofrem uma reestruturação nos métodos mistos que eram chamados de analíticos sintéticos, surge a disseminação dos testes de ABC que tinham como autor Lourenço Filho. Com essas mudanças se percebe que o que muda são os métodos de ensino dentro da cartilha, mas a ferramenta permanece com força total no ambiente escolar para fins de alfabetização com a mesma estrutura de cartilha. Vale dar ênfase que ambas as cartilhas citadas são de alfabetização, porém, mesmo não estando direcionada ao tema central, aula de campo com temas ambientais, ainda assim, é pertinente abordar o contexto histórico dessa ferramenta metodológica, a cartilha. E que, independente do que se vai trabalhar, qualquer temática estará adequada.

Segundo Maciel (2002), até os anos 60 a palavra cartilha não aparecia na capa do livro explicitamente, ela vinha entre parênteses. Isso porque a proposta metodológica do trabalho da Escola de Aperfeiçoamento, através da professora Lucia Casasanta, orientava suas alunas-mestras na fundamentação teórica do método global, cujos pressupostos se coadunam com a produção de pré-livro, e não de cartilha. Na opinião da professora Lucia Casasanta, a palavra cartilha estava associada aos métodos tradicionais em que o "saber ler" se reduzia em traduzir em sons os símbolos da página escrita. O pré-livro é indicado como um material didático básico para iniciar o aluno na aprendizagem da leitura, e esta será desenvolvida com o uso de materiais e leituras suplementares e intermediárias. Nas entrelinhas se pode ver uma questão de preconceito relacionado ao nome da ferramenta, cartilha, vinculando a nomenclatura ao ensino de cunho tradicional e acredita-se que a partir daí comece a ter mais força a substituição da ferramenta cartilha para livro didático. Ainda de acordo com a autora a cartilha "Caminho Suave" fazia parte dos livros conveniados ao Instituto Nacional do livro – Ministério da Educação e Cultura - MEC, o que lhe garantia distribuição gratuita às escolas públicas brasileiras, até meados dos anos 90, quando a cartilha foi reprovada pela comissão de avaliação do livro didático.

Cartilha e livro didático servem de apoio para o trabalho do docente, os livros de leitura produzidos eram um diferencial, serviam apenas para leitura e estudo de vocabulário, não contendo exercícios para serem desenvolvidos pelos alunos. Entretanto, de acordo com Calazans (2004, p. 14) nas últimas décadas, como apontam alguns autores como Marisa Bonazzi e Umberto Eco (1980), Kazumi Munakata (1998) e Eduardo Portela (2003), os livros didáticos têm sido muito criticados por educadores. É possível encontrar críticas e elogios

sobre o uso do livro didático, por isso é importante que se conheça profundamente o material com que se vai trabalhar.

Carvalho (2014) orienta que o livro didático é a ferramenta que, se bem utilizado, pode mudar um pouco esse paradigma. Portanto, conhecê-lo, saber que informações ele traz, e como ele traz essas informações, principalmente quanto à História Política, quanto à História Econômica é de fundamental importância para que essa mudança venha a ocorrer. É sabido que estes campos de estudos foram sensivelmente colocados em segundo plano nos livros didáticos, sendo muitas vezes ignorados, ou trabalhados de forma que fatos presentes no cotidiano do estudante pareçam distantes, abstratos. Isso torna necessário ao professor comparar os conhecimentos fruto dessa pesquisa com os conhecimentos prévios dos estudantes e os conhecimentos trazidos pelo livro didático para chegar a um conhecimento que seja importante para os estudantes.

Conforme Choppin (2004), a concepção de um livro didático inscreve-se em um ambiente pedagógico específico e em um contexto regulador que, juntamente com o desenvolvimento dos sistemas nacionais ou regionais, é, na maioria das vezes, característico das produções escolares (edições estatais, procedimentos de aprovação prévia, liberdade de produção, etc.). Sua elaboração (documentação, escrita, paginação, etc.), realização material (composição, impressão, encadernação, etc.), comercialização e distribuição supõem formas de financiamento vultoso, quer sejam públicas ou privadas, e o recurso para técnicas e equipes de trabalho cada vez mais especializadas, portanto, cada vez mais numerosas.

O que se percebe até aqui, é que os primeiros livros utilizados para o ensino eram as cartilhas que serviam como manuais escritos e organizados para atender às necessidades da igreja católica que foi de evangelizar e doutrinar os povos, para isso vinha nas páginas desse material como rezas e na sua sequência as primeiras letras para alfabetização. Posteriormente criticada, essa estrutura foi modificada e surgiram muitos modelos de cartilhas com métodos diferenciados. Paralelamente à produção da cartilha para o ensino também começa a surgir o livro de leitura que hora é chamado de livro e hora de cartilha, não assumindo assim sua estrutura, mas logo surge o que conhecemos hoje como livro didático que também recebe críticas com relação ao seu uso e adoção.

É comum na dinâmica do dia a dia o docente se prender a ações da sala de aula, às atividades e aos conteúdos do livro didático, atrelados às pressões de avaliações externas da escola e da própria escola que exige a conclusão dos conteúdos livrescos e ao mesmo tempo, que tenha bons resultados nessas avaliações. O que se nota é que são tantas as pressões ~~correrias~~ no espaço escolar que falta tempo, espaço para discutir os temas ambientais. É

possível verificar que tem escola que não aborda as questões ambientais e quando trazem à tona acontece apenas uma ação solta, isolada no dia do meio ambiente ou no dia da árvore.

No que se refere à Educação Ambiental com uso de cartilha, os autores Guerra e Gusmão (2004) comentam que confeccionaram um material paradidático, atraente e informativo para crianças e para professores. Esse material foi estruturado com características da comunidade local, enfocando os problemas e possíveis soluções, assim seria possível incentivar a leitura e oportunizar a implantação da educação ambiental na escola.

Os autores enfatizam que no caso das cartilhas foi fornecido a eles, professores e alunos, um texto menos técnico e mais atrativo, pois o trabalho de EA é uma novidade para ambos. Também quando vai se ressaltar sobre cuidar melhor do ambiente em que vivemos, sempre pensamos em um mundo melhor para deixarmos como herança para os filhos de nossos filhos, pois os resultados de uma ação contra ou a favor da natureza, sempre ocorrem em longo prazo. Daí a importância de ações hoje que venham ao encontro de sensibilização, da conscientização de dentro para fora, principalmente na mudança de atitude.

Torres et al. (2009) também enfatizam que a cartilha é um instrumento que permite uma leitura, reforça informações e orientações, servindo como guia de orientações para casos de dúvidas e auxiliando nas tomadas de decisões do cotidiano. Verifica-se que a cartilha é um reforço positivo nas atividades didáticas pedagógicas e em se tratando da educação ambiental, oportuniza atender ao objetivo de sensibilização e de conscientização para essa temática.

Assim, vale ressaltar que a aula de campo, como qualquer ação precisa passar pelo crivo do planejamento. O professor nessa ação poderá buscar na cartilha sugestões para sua aula, dicas de como fazer, locais do município que são propícios para essa prática, bem como informações sobre tipos de vegetação, árvores típicas da região, tipo de solo local, aves e outros elementos da fauna específicos do município. Além dessas temáticas também podem ser abordados assuntos como a hidrografia, conservação e preservação de mananciais, sobre os locais de disposição final do lixo, saneamento básico (água potável e esgoto a céu aberto), desmatamento e queimadas, indústrias poluidoras e etc.

Verifica-se que atualmente existe uma gama de cartilhas que abordam diferentes temas, como na área educacional, da saúde e inclusive os ambientais, fruto de estudos e pesquisas realizadas em várias partes do Brasil. Percebe-se que a cartilha é uma ferramenta excelente para trabalhar a EA e um exemplo disso são as diversas cartilhas produzidas nos últimos anos: a Cartilha de Educação Ambiental de Quevedo et al. (2015), Cartilha de Alfabetização de Peres e Ramil (2015), Cartilha Instrumento para EA de César et al. (2015) e outras.

São muitos os assuntos de temáticas ambientais que podem e devem estar presentes na escola, nos projetos cotidianos. Apesar do surgimento da nova LDBE – Lei de Diretrizes e Bases da Educação e dos PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1998) no cenário educacional brasileiro, na maioria das escolas públicas de João Pessoa, Paraíba, continua o mesmo, conforme enfatizam Guerra et al. (2008) mesmice, ou para muitos o ensino tradicional, ainda impera nas escolas. Ensino esse aliado à total falta de criatividade (ou seria motivação?) de nossos professores. A crítica dos autores está relacionada com a EA que não está acontecendo mesmo com a LDB abordando a obrigatoriedade da EA em todos os níveis de ensino e os Temas Transversais que trazem um volume específico sobre Educação Ambiental, ainda assim existe a resistência.

Infelizmente essa realidade citada por Guerra (2008) é o retrato vivo de uma grande parte de escolas do país. Isso se dá, pelo despreparo para lidar com os alunos, a insegurança de tirá-lo do espaço de sala de aula e perder o controle sobre eles ou até mesmo a falta de formação ou interesse em trazer para a discussão do dia a dia de ensino e aprendizagem de temas pertinentes como a EA que abarca valor para a formação do cidadão.

A cartilha de educação ambiental com aula de campo tem o propósito de provocar o docente para uma prática diferente do cotidiano, isso porque as informações nela contidas servem tanto para a formação do docente como da coletividade. O modelo de cartilha focado em temática ambiental deve trazer ilustrações, como mapas, fotos com identificação de elementos da natureza (fauna e a flora), imagens explicativas, atrativas que oferecem ao docente e o discente a possibilidades de uma exploração cognitiva. Essas sugestões para aula de campo permitem a aprendizagem da EA de maneira atrativa e prazerosa. Em suma é relevante citar que qualquer pessoa de qualquer lugar pode visualizar a cartilha e perceber que é possível aplicar a EA.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Espera-se que com as informações contidas neste material, sobre o uso de cartilha como proposta metodológica para auxiliar a aula de campo com temas ambientais, possam trazer contribuições para o desenvolvimento do ensino e da aprendizagem nestes locais fora da sala de aula. E que possam agregar valor para a sensibilização e a conscientização dos indivíduos que integram o grupo escolar multiplicando posteriormente os conhecimentos e os valores adquiridos. A intenção desta proposta metodológica é auxiliar o docente na prática de aula de campo com temas ambientais, uma vez que a aula de campo deve desenvolver no

aluno o espírito crítico, a criatividade, a capacidade de observação, o desejo de participar, de fazer parte do contexto.

É de suma importância que a educação ambiental seja trabalhada pelas escolas, já que pode acontecer em qualquer disciplina do currículo escolar, por ser um tema transversal dos PCN, está incluso interdisciplinarmente possibilitando um trabalho conjunto dos professores e de toda equipe escolar. Considerando que cada educador, de qualquer área de ensino pode trazer à tona os temas ambientais, vale ressaltar a importância do planejamento para que essa aula seja uma ferramenta motivadora no ensino fundamental II para quem ensina e para quem aprende. E que o docente possa conscientizar-se do significado da educação ambiental para si mesmo, para o aluno e para a sociedade em geral. Esse trabalho pode ser desenvolvido com uma infinidade de recursos pedagógicos, porém a cartilha é uma ferramenta que propicia o envolvimento e de maneira simples traz informações, conceitos, dicas práticas para o docente e o discente.

Assim, a cartilha Educação Ambiental com aula de campo tem como intenção ser um facilitador docente, que auxilia na busca de sugestões de locais para aula de campo, de informações sobre esses locais, de imagens que possam de maneira prática trazer atividades pedagógicas, bem como dinâmicas para trabalhar com o grupo escolar nos ambientes naturais do próprio município. E desse modo suprir a deficiência que as escolas de ensino fundamental II ainda têm em tratar de temas ambientais com maior enfoque.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, Joniel Mendes et al. Educação Ambiental: A importância das aulas de campo em ambientes naturais para a disciplina de biologia no ensino médio da Escola Joaquim Parente na cidade de Bom Jesus -PI. **Ensino, Saúde e Ambiente**, v. 8, n. 2, 2015.

ARAÚJO, Gabriel Antunes. Apresentação. In: BARROS, João de. **Cartinha com os preceitos e mandamentos da Santa Madre Igreja: 1539 ou Gramática da língua portuguesa**. São Paulo: Humanitas/Paulistana, 2008. p. 7-18.

ARENDT, Hannah. **A condição humana**. 10. ed. Tradução de Roberto Raposo. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2000.

BARBOSA, Leandro Neutzling et al. Trilhas Ecológicas Temáticas: Uma Abordagem Transversal Utilizando o Tema Resíduos Sólidos. **Destaques Acadêmicos**, v. 6, n. 3, 2014.

BARRETO, Leopoldo Melo; CUNHA, Jamiri Soares. Concepções de meio ambiente e Educação Ambiental por alunos do ensino fundamental em Cruz das Almas (BA): um estudo de caso. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 11, n. 1, p. 315-326, 2016.

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

_____. Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismo de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Legislação de Direito Ambiental**. Sirvinkas, Luis Paulo (Org.). 2. ed. São Paulo: Rideel, 2007.

_____. Lei n. 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e base da educação nacional. Congresso Nacional, Brasília, 1996.

_____. Lei n. 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. **Legislação de Direito Ambiental**. Sirvinkas, Luis Paulo (Org.). 2. ed. São Paulo: Rideel, 2007.

_____. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria do Ensino Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais Meio Ambiente**. Brasília, 1996.

_____. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: terceiro e quarto ciclos: apresentação dos temas transversais / Secretaria de Educação Fundamental**. Brasília: MEC/SEF, 1998.

CALAZANS FERNANDES, A. T.. Livros didáticos em dimensões materiais e simbólicas. **Educação e pesquisa**, v. 30, n. 3, p. 531-545, 2004.

CARVALHO, E. M. A abordagem política e econômica nos livros didáticos de História adotados por escolas públicas do Recôncavo da Bahia para o quinto ano do ensino fundamental. **Revista Eletrônica Discente História. com**, v. 2, n. 3, p. 99-109, 2014.

CARVALHO, I. C. M. **Educação ambiental: a formação do sujeito ecológico**. 6. ed. São Paulo: Cortez, 2012.

CÉSAR, A. A. L. C.; FILHO, D.S.R.; BORGES, I. D. S.; NETO, J.D.; OLIVEIRA, L.M.; ROSA, M. F.; JUNIOR, RONALDO L.; MADRUGA, T.A.; Cartilha ilustrada como instrumento de educação ambiental. 2015. In: Congresso Nacional do PROJETO RONDON, 2, 2015, Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/158646>>.

CHOPPIN, A. História dos livros e das edições didáticas: sobre o estado da arte. **Educação e pesquisa**, v. 30, n. 3, p. 549-566, 2004.

CORRÊA FILHO, J. J. Aula de campo: como planejar, conduzir e avaliar? Petrópolis: Vozes, 2015.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GUERRA, R. A. T.; GUSMÃO, C. R.C. **A produção de material paradidático para a implementação da educação ambiental em escolas públicas**. João Pessoa, PB: Editora da UFPA, 2004.

GUERRA, R.A.T.; GUSMÃO, C.R.C.; SIBRÃO, E. R. **Teatro de fantoches: uma estratégia em Educação Ambiental**. 2008. Disponível em: <http://www.dse.ufpb.br/ea/Masters/Artigo_4.pdf>.

IARED, V. G.; OLIVEIRA, H.T. C. Educação Ambiental e perspectivas pedagógicas de professoras do Ensino Fundamental. **Educação em Revista**. Belo Horizonte, v. 27, n. 02, p. 95-122, 2011.

LIBÂNEO, J.C. **Adeus Professor, Adeus Professora?** Novas exigências educacionais e profissão docente. 2. ed. São Paulo: Cortez, 1998.

LIBÂNEO, J.C.. **Didática**. 32. Reimp. São Paulo: Cortez, 2011.

LIMA, R. A.; BRAGA, A. G. S. A relação da educação ambiental com as aulas de campo e o conteúdo de biologia no ensino médio. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 18, n. 4, p. 1345-1350, 2015.

LIMA, W. Aprendizagem e classificação social: um desafio aos conceitos. Fórum Crítico da Educação: **Revista do ISEP/Programa de Mestrado em Ciências Pedagógicas**. v. 3, n. 1, out. 2004. Disponível em: <<http://www.isep.com.br/FORUM5.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2010.

LIPAI, E. M. Educação ambiental na escola: tá na lei... In: RACHEL, Soraia Silva de Mello (coord.). **Vamos cuidar do Brasil: conceitos e práticas em educação ambiental na escola**. Brasília: MEC/UNESCO, 2007.

LOUREIRO, C. F. B.; TORRES, J. R. (Org.). Educação Ambiental dialogando com Paulo Freire. São Paulo: Cortez, 2014.

MACIEL, F. I. P.; FRADE, I. C. A.S. A história da alfabetização nas cartilhas escolares: práticas pedagógicas, produção e circulação em Minas Gerais (1834-1997). In: **Anais II Congresso de Pesquisa e Ensino em História da Educação em Minas Gerais**. Uberlândia: EDUFU, 2004. p. 545-557.

MEDEIROS, A. B.; MENDONÇA, M.J.SL.; SOUSA, G.L.; OLIVEIRA, I.P.; A Importância da educação ambiental na escola nas séries iniciais. **Revista Eletrônica Faculdade Montes Belos**, v. 4, n. 1, p. 1-16, 2011.

MELO, M. G. **Educação ambiental na escola**. 2015. 48f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Pedagogia - PARFOR EAD) – Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Ensino Técnico, Médio e Educação a Distância, 2016. Disponível em: <<http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/handle/123456789/9734>>.

MORTATTI, Maria do Rosário Longo. Cartilha de alfabetização e cultura escolar: um pacto secular. **Caderno Cedex**, ano XX, n. 52, p. 41-54, 2000.

_____. História dos métodos de alfabetização no Brasil. **Portal Mec Seminário Alfabetização e Letramento Em Debate**, 2006.

MORAES S. R.; WISNIEWSKI, G.; ROCHA, E J. R. C. “Ciência na Praça”: a faculdade interagindo com a comunidade. **Holos**, v. 4, p. 463-472, 2014.

NÉRICE, Imídeo Giuseppe. **Introdução à didática geral**. 15. ed. São Paulo: Atlas, 1985.

OLIVEIRA, A. P. L.; CORREIA, M. D. Aula de Campo como Mecanismo Facilitador do Ensino-Aprendizagem sobre os Ecossistemas Recifais em Alagoas. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 6, n. 2, p. 163-190, 2013.

PERES, E; RAMIL, C. A. Cartilhas produzidas por autoras gaúchas: um estudo sobre a circulação e o uso em escolas do Rio Grande do Sul (1940-1980). **Revista Brasileira de Alfabetização**, Vitória, ES, v. 1, n. 1, p. 177-203, jan./jun. 2015.

QUEVEDO, T. C.; OLIVEIRA, E.D.; NEUMAN, M.K.; GEHLEN, G.; SCHIMTT, J.L. Cartilha de educação ambiental sobre a estação de tratamento de efluente doméstico sustentável no município de Novo Hamburgo, RS, Brasil. **Revista Conhecimento Online**, v. 1, p. 8-14, 2015.

RIBEIRO, W. C. **A ordem ambiental internacional**. São Paulo: Contexto, 2011.

SENICIATO, T.; CAVASSAN, O. Aulas de campo em ambientes naturais e aprendizagem em ciências – um estudo com alunos do ensino fundamental (Field classes in natural environment and science learning – a study with students from elementary school). **Ciência & Educação**, v. 10, n. 1, p. 133-147, 2004.

SILVA, L. Cartilha Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/coea/pncpr/responsabilidade_social_empresas.pdf> Acesso em: 12 jul. 2016.

SOUZA, M. Cartilha Turma da Mônica: cuidando do mundo. p. 20, 2014. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=16492-cartilha-turma-da-monica-cuidando-do-mundo&category_slug=outubro-2014-pdf&Itemid=30192> Acesso em: 12 jul. 2016.

WADSWORTH, B. J. **Inteligência e Afetividade da Criança na Teoria de Piaget**. 5. ed. São Paulo: Pioneira, 1997.

