



ABES ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE
ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL



R B C I A M B

Revista Brasileira de Ciências Ambientais
Março de 2016

Nº 39

Expediente

Editor Geral

Maurício Dziedzic

Editores Internacionais

Günter Gunkel – Alemanha

Jose Alfaro Joins - EUA

Manuela Morais - Portugal

Oscar Parra - Chile

Editores Nacionais

Francisco Suetônio Bastos Mota

Lúcia Xavier

Marco Aurélio da Silva Carvalho Filho

Mário Augusto Gonçalves Jardim

Tadeu Fabrício Malheiros

Conselho Editorial

Adriana Rosseto, Arlindo Philippi Jr, Asher Kiperstock, Carlos Alberto Cioce Sampaio, Cleverson Vitorio Andreolli, Eliza Maria Xavier Freire, Fabiano Toni, Jorge Tenório, Leandro Gonçalves Oliveira, Luiz Carlos Beduschi Filho, Marco Antonio Almeida de Souza, Maria de Lourdes Florencio, Maria do Carmo Martins Sobral, Miguel Mansur Aisse, Valdir Fernandes, Wanderley da Silva Paganini

Coordenação

Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES

Presidente Nacional da ABES

Dante Ragazzi Pauli

Responsáveis

Allan Rodrigues

Soraia Fernandes

Produção Editorial

Zeppelini Publisher

www.zeppelini.com.br

Submissão de artigos, dúvidas e sugestões: rbciamb@abes-dn.org.br



[Instruções para autores, clique aqui](#)

Esta é uma publicação em parceria com o Instituto de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável - ICTR www.ictr.org.br

ÍNDICE

1 - EDITORIAL

Maurício Dziedzic

2 - IMPACTO DO CONSUMO DESCONTROLADO DE ÁGUA NA PRODUÇÃO DE RESÍDUOS EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA. ESTUDO DE CASO: ETA-ITACOLOMI, OURO PRETO (MG)

Impact of uncontrolled water consumption on waste production in a water treatment plant. case study: Itacolomi-wtp, Ouro Preto (MG)

Jackson de Oliveira Pereira - Sheila Bárbara Ferreira Silva - Patrícia Cristina de Faria - Tallita Tostes da Costa - Viviane das Graças Rodrigues Pires

14 - SAÚDE AMBIENTAL E CONDIÇÕES DE BALNEABILIDADE EM COLEÇÃO HÍDRICA DO MÉDIO RIO DOCE (MG)

Environmental health and conditions for bathing in hydric collection in the Middle Doce River (MG)

Marcelo Marcos Magalhães - Vera Lúcia de Miranda Guarda - Tânia Gonçalves dos Santos

28 - CAPACIDADE INSTITUCIONAL PARA GOVERNANÇA DE RISCO NO INTERFLÚVIO PURUS-MADEIRA (AMAZONAS)

Institutional capacity for governance risk in interfluve Purus-Madeira (Amazonas)

Francimara Souza da Costa - Nirvia Ravena - Rômulo Magalhães de Souza

47 - OCORRÊNCIA DE AGROTÓXICOS EM ÁGUAS USADAS COM IRRIGAÇÃO DE ARROZ NO SUL DE SANTA CATARINA

Occurrence of pesticides in wastewater irrigated rice in southern Santa Catarina

Álvaro José Back - Francisco Carlos Deschamps - Maria da Gloria da Silva Santos

59 - DESEMPENHO AMBIENTAL DOS CACHOS DE FRUTOS DE DENDÊ DE PRODUÇÕES CONVENCIONAL E ORGÂNICA NA REGIÃO DO BAIXO SUL DA BAHIA

Environmental performance of palm fruit bunches from conventional and organic production in the south Bahia region

Ittana de Oliveira Lins - Henrique Leonardo Maranduba - Luciano Brito Rodrigues - José Adolfo de Almeida Neto

70 - PERCEPÇÃO DOS AGRICULTORES FAMILIARES DO MUNICÍPIO DE NOVA ERECHIM (SC) EM RELAÇÃO À LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

Perception of family farmers in the municipality of Nova Erechim (SC) in relation to environmental legislation

Alana Maria Simioni Frozza - Regina Bellan Verona - Cristiano Reschke Lajús - Gean Lopes da Luz

80 - A CADEIA DE RECICLAGEM DE PET PÓS-CONSUMO E AS DEFINIÇÕES DE SUAS ETAPAS: UM ESTUDO DE CASO NO RIO DE JANEIRO

The post-consumer PET recycling chain and definition of their stages: a case study in Rio de Janeiro

Roberta Dalvo Pereira da Conceição - Cristiane Pereira - Glauco Pessoa - Elen Beatriz Accordi Vasquez Pacheco

97 - AVALIAÇÃO DA PRESENÇA DE RESÍDUOS DE ANTI-INFLAMATÓRIOS NÃO ESTEROIDES NOS CÓRREGOS VEADO E CEDRO DO MUNICÍPIO DE PRESIDENTE PRUDENTE (SP), BRASIL

Non steroid anti-inflammatory pharmaceuticals trace assessment in Veado and Cedro rivers of Presidente Prudente (SP), Brazil

Ederson da Silva Stelato - Tamiris Garbiatti de Oliveira - Gabriele Marques Stunges - Emilaine Cristina Pelegrineli da Silva - Renata Medici Frayne Cuba - Alessandro Minillo - William Deodato Isique

114 - REGENERAÇÃO E SUSTENTABILIDADE DAS ESPÉCIES EXTRATIVISTAS UTILIZADAS EM TRÊS ASSENTAMENTOS DA REGIÃO SUDOESTE MATO-GROSSENSE

Regeneration and sustainability of extractive species used in three settlements in the southwest region of Mato Grosso

Maurício Ferreira Mendes - Sandra Mara Alves da Silva Neves - Solange Kimie Ikeda Castrillon - Sildnéia Aparecida de Almeida Silva - Jesus Aparecido Pedroga

124 - ECOEFICIÊNCIA, LOGÍSTICA REVERSA E A RECICLAGEM DE PILHAS E BATERIAS: REVISÃO

Reverse logistic, recycling and eco-efficiency of the batteries: review

Andria Angélica Conte

Editorial

Prezados leitores,

É com satisfação que me dirijo ao público da Revista Brasileira de Ciências Ambientais (RBCIAMB). Assumi a editoria geral da revista atendendo a um pedido dos editores anteriores com o intuito de dar minha contribuição à comunidade científica nessa área.

A meta de curto prazo é deixar a revista em dia, concluindo, em breve, as edições de 2016. A meta de médio prazo é ter a revista em condições de ingressar na plataforma SciELO e de longo prazo é internacionalizar a revista.

A RBCIAMB vem desempenhando um papel importante para a comunidade acadêmica da área de Ciências Ambientais, pois se constitui em uma das poucas revistas nacionais verdadeiramente multidisciplinares. Como as pesquisas da área têm esse caráter, os autores encontram dificuldades de divulgação de seus trabalhos nas demais revistas existentes, que são prioritariamente disciplinares. Esse escopo da revista será mantido, esperando-se que cada vez mais os artigos também relatem e enfatizem os aspectos multidisciplinares dos trabalhos desenvolvidos.

Aproveito a oportunidade para deixar clara a linha editorial da RBCIAMB, revisada recentemente com a colaboração de todo o corpo editorial. A fim de tornar mais ágil o processo de revisão de artigos, definimos critérios de pré-seleção para que cada editor possa analisar rapidamente as submissões e definir se elas devem seguir no processo de revisão ou se devem ser rejeitadas. Essa medida busca também diminuir a carga de trabalhos dos revisores, que assim como todos os editores, contribuem voluntariamente para a revista.

Dessa forma, três aspectos serão considerados nessa pré-seleção. O primeiro ponto é verificar se o tema central do artigo submetido é ambiental. O segundo quesito é a relevância científica do trabalho — o artigo deverá apresentar contribuição científica significativa para a área e demonstrar isso. Terceiro, o artigo deve ser inédito, não contendo plágio — a RBCIAMB conta com ferramenta computacional de verificação de plágio. Caso o artigo já tenha sido apresentado em congresso, a versão para a revista deve ter pelo menos 50 % de diferença com o artigo de congresso. Se pelo menos um desses três aspectos não for satisfeito, o artigo será sumariamente rejeitado. Essa prática deixa a RBCIAMB alinhada com os mais renomados periódicos científicos do planeta.

Por não caracterizar como contribuição científica significativa para a área, não serão aceitos relatos técnicos, simples diagnósticos e trabalhos de bibliometria. Esta última é uma ferramenta de pesquisa, mas sua mera aplicação não pode ser caracterizada como contribuição científica relevante.

Finalmente, o regulamento da RBCIAMB¹ foi revisado e ampliado, procurando deixar claros os critérios de avaliação dos trabalhos submetidos. Espera-se, com essa divulgação, que os autores passem a fazer uma pré-avaliação das contribuições enviadas, tomando como base esses critérios e efetuando os ajustes necessários. Isso contribuirá para um processo de revisão mais ágil e para a melhoria da qualidade dos artigos submetidos.

Cordiais saudações,

Prof. Maurício Dziedzic
Editor Geral da RBCIAMB

¹Para consultar o regulamento da RBCIAMB, acesse: <<http://abes-dn.org.br/publicacoes/rbciamb/Regulamento%20RBCiamb.pdf>>.

IMPACTO DO CONSUMO DESCONTROLADO DE ÁGUA NA PRODUÇÃO DE RESÍDUOS EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA. ESTUDO DE CASO: ETA-ITACOLOMI, OURO PRETO (MG)

IMPACT OF UNCONTROLLED WATER CONSUMPTION ON WASTE PRODUCTION IN A WATER TREATMENT PLANT. CASE STUDY: ITACOLOMI-WTP, OURO PRETO (MG)

Jackson de Oliveira Pereira

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Doutor em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Professor Adjunto do Departamento de Tecnologia em Engenharia Civil, Computação e Humanidades da Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ) – Ouro Branco (MG), Brasil.

Sheila Bárbara Ferreira Silva

Engenheira Civil pela UFSJ. Técnica em Meio Ambiente e Mineração, Tecnóloga em Gestão da Qualidade pelo Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG) – Ouro Branco (MG), Brasil.

Patrícia Cristina de Faria

Engenheira Civil pela UFSJ. Mestranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Ouro Preto (PROPEC/UFOP) – Ouro Branco (MG), Brasil.

Tallita Tostes da Costa

Engenheira Ambiental pela UFOP. Mestre em Geotecnia pela UFOP. Técnica de Meio Ambiente pelo IFMG – Ouro Branco (MG), Brasil.

Viviane das Graças

Rodrigues Pires

Química Industrial e Administradora Pública pela UFOP. Mestre em Engenharia Ambiental pela UFOP. Coordenadora do Serviço Municipal de Água e Esgoto de Ouro Preto (SEMAE) – Ouro Branco (MG), Brasil.

Endereço para correspondência:

Jackson de Oliveira Pereira – Universidade Federal de São João del-Rei – Campus Alto Paraopeba (DTECH/UFSJ/CAP) – 36420-000 – Ouro Branco (MG), Brasil – E-mail: jackson@ufs.edu.br

RESUMO

O presente trabalho avaliou a produção de resíduos na Estação de Tratamento de Água (ETA) Itacolomi (Ouro Preto, MG), com ênfase nas suas condições operacionais. A ETA opera em condições de sobrecarga para garantir o abastecimento de água da população, diante do consumo descontrolado, já que o município não possui hidrômetros para medição do consumo, sendo cobrada apenas uma tarifa operacional básica. A produção de resíduos foi avaliada em termos volumétricos e em massa durante 75 dias, a partir da medição dos volumes gastos na lavagem dos filtros e dos decantadores da ETA e das concentrações dos parâmetros turbidez, cor, sólidos totais (ST), sólidos voláteis totais (STV), demanda química de oxigênio (DQO). Os resultados da produção de lodo observados foram de 73,45 m³/dia (em termos volumétricos) e de 32,10 kgST/dia (em massa). A análise dos dados revelou que as condições de sobrecarga ocasionam uma geração de resíduos 73% superior ao que seria observado caso o consumo de água fosse controlado.

Palavras-chave: tratamento de água; resíduos do tratamento de água; condições operacionais.

ABSTRACT

This study evaluated the waste production in the Itacolomi Water Treatment Plant (WTP) (Ouro Preto, MG), emphasizing its operational conditions. The WTP operates in overload conditions to guarantee the water supply to the population due the uncontrolled consumption, seen as the municipality does not have hydrometers to measure the water consumption, with only a minimum operating cost being charged. The volume and the mass of the waste were evaluated during 75 days, from the measurement of the volumes of water spent on washing the filters and settlers of the WTP, and the concentrations of the parameters turbidity, color, total solids (TS), volatile total solids (VTS) and chemical oxygen demand (COD). The volumetric production of sludge observed was 73.45 m³.day⁻¹ and, in terms of mass of TS, was 32.10 kgTS.day⁻¹. The data analysis revealed that the overload conditions cause a waste production 73% greater than what would be observed if the water consumption was controlled.

Keywords: water treatment; water treatment wastes; operational conditions.

INTRODUÇÃO

O tratamento de água para consumo humano constitui uma das principais e mais importantes medidas de controle ambiental para preservação da saúde, refletindo em benefícios sociais de elevada magnitude. Contudo, o processo de potabilização da água tem como impactos negativos a geração de resíduos, oriundos da remoção dos contaminantes presentes na água e da adição de produtos químicos.

No Brasil, a maioria das estações de tratamento de água (ETAs) emprega o tratamento convencional (ou ciclo completo) que gera resíduos na lavagem dos decantadores (ou flotadores), nos filtros e, em menor parte, nos tanques de preparação de soluções e suspensões de produtos químicos (CORDEIRO, 1999). Esses resíduos podem apresentar quantidades significativas de metais como alumínio, ferro, manganês, entre outros; altas concentrações de sólidos; turbidez e demanda química de oxigênio (DQO), e comumente são dispostos nos cursos de água a jusante das ETAs. O lançamento desses resíduos *in natura* tem como impactos ambientais a formação de bancos de lodo, o assoreamento, alterações de cor, distúrbios na composição química e biológica do corpo receptor, além do comprometimento dos usos da água (RIBEIRO, 2007).

Apesar disso, conforme relatado por Cordeiro (1999), no Brasil, tradicionalmente, a maior preocupação tem sido em relação aos resíduos gerados em estações de tratamento de esgoto (ETEs) e pouco tem sido discutido sobre resíduos provenientes de estações de tratamento de água para consumo humano. Tal observação pode ser confirmada pela existência de legislações no âmbito federal para lançamento de efluentes, Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005), e disposição e reuso de lodo de esgoto, Resoluções nº 375 e nº 380 (BRASIL, 2006, 2010), enquanto inexistem legislações específicas sobre os resíduos do tratamento de água. As únicas referências legais são a NBR 10.004 (ABNT, 2004), que classifica o lodo de ETA como resíduo sólido; a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº 12.305/2010, que define o resíduo sólido com um material que, devido as suas particularidades, não deve ser lançado na rede de esgoto ou nos cursos d'água (BRASIL, 2010); e a Lei dos Crimes Ambientais nº 9.605/1998, que trata o lançamento irregular desses resíduos como passível de punição civil, administrativa e criminal.

No Estado de Minas Gerais, em um levantamento realizado pelo Ministério Público (2009) em 175 municípios, verificou-se que 87% das ETAs lançam seus resíduos nos corpos d'água. Tal levantamento levou o Conselho de Política Ambiental do Estado de Minas Gerais (COPAM) a publicar, no ano seguinte, a Deliberação Normativa nº 153, de 26 de julho 2010 (MINAS GERAIS, 2010), que convocou os municípios para a regularização ambiental de sistemas de tratamento de água com capacidade de produção superior a 20 L/s, estabelecendo prazos para regularização ambiental das ETAs e suas unidades de tratamento de resíduos (UTRs), condicionando, dessa forma, a necessidade de implantação das UTRs. A referida deliberação foi republicada em 21 de fevereiro de 2013, estendendo os prazos previstos em 2010, durante a reunião da Câmara Normativa e Recursal do Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) de 2016 para 2020 (dependendo da capacidade de produção da ETA). Essa prorrogação teve como um de seus argumentos a necessidade de os operadores das ETAs fazerem o levantamento de dados quantitativos e qualitativos dos resíduos gerados em suas unidades, na busca de tecnologias viáveis e apropriadas para essas UTRs (ABES, 2013).

O lodo de ETAs é basicamente constituído de 95% de água e cerca de 5% de sólidos, e a quantidade e a qualidade do lodo gerado dependerão da tecnologia de tratamento empregada, da qualidade da água bruta, dos tipos de produtos químicos utilizados e das dosagens empregadas, além da forma e da frequência de limpeza dos filtros e dos decantadores. De uma maneira geral, o lodo produzido nos decantadores (LD) apresenta um resíduo mais concentrado, com aspecto mais característico de resíduo sólido, enquanto as águas de lavagens de filtros (ALFs) apresentam características semelhantes às de um efluente líquido, devido ao maior volume de água gasto na lavagem dos filtros e a baixa concentração de sólidos.

Embora as características químicas e biológicas sejam importantes no que diz respeito à disposição final, a avaliação de impactos ambientais e o reaproveitamento do lodo, no caso do dimensionamento de uma UTR, a produção volumétrica, a produção em massa e o teor de sólidos são mais importantes, pois esses parâmetros irão condicionar o porte das instalações, já que o tratamento consiste basicamente no desaguamen-

to e adensamento do lodo (AWWA/ASCE/EPA, 1996). Por essa razão, a implantação de uma UTR requer o conhecimento da produção de lodo na estação, e, sobre esse aspecto, existem poucas informações na literatura. Ademais, os resultados disponíveis, muitas vezes, não são comparáveis, pois a quantidade de lodo gerada depende das condições operacionais da ETA.

Sobre esse aspecto, o presente trabalho analisou a produção de resíduos na principal estação de tratamento de água do município de Ouro Preto (MG) (ETA-Itacolomi), que opera em condições de sobrecarga. Tal condição peculiar, que pode ser observada em muitos municípios brasileiros, deve-se à inexistência de hidrômetros para medição do consumo das economias, o que propicia o consumo descontrolado da população e faz com que a ETA tenha de produzir um volume de água

superior à sua capacidade nominal para que não haja o desabastecimento. O município pratica apenas a cobrança de uma tarifa única para todos os usuários, denominada de taxa operacional básica (incluída na cobrança do IPTU), pelos serviços de abastecimento de água. Essa prática tem como impactos negativos:

1. a maior demanda de água dos mananciais, devido ao desperdício no consumo;
2. a maior geração de resíduos, devido às maiores vazões produzidas;
3. e a baixa qualidade na operação e manutenção, já que a receita gerada não garante a sustentabilidade do sistema.

MATERIAIS E MÉTODOS

Estação de Tratamento de Água de estudo

O estudo foi realizado na ETA-Itacolomi, operada pelo Serviço Municipal de Água e Esgoto (SEMAE) de Ouro Preto, durante o período de 22 de outubro a 15 de janeiro de 2014. A ETA é do tipo convencional, composta das unidades de coagulação/mistura rápida do tipo hidráulica (calha Parshall); floculador do tipo Alabama,

dividido em duas linhas de floculação em paralelo; dois decantadores convencionais em paralelo, com descarga de lodo por gravidade através de uma descarga de fundo; cinco filtros descendentes autolaváveis e um tanque de contato. As características de projeto das unidades componentes são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Principais características dimensionais e de projeto da Estação de Tratamento de Água – Itacolomi.

Unidade	Quantidade	Dimensões de cada unidade	Parâmetros de projeto	TDH
Mistura rápida/coagulação	1 unidade	Largura da garganta: 6" (15,2 cm)	Gradiente 1236 s ⁻¹	0,43 s
Floculador	2 linhas Cada linha com 13 câmaras em série	8 câmaras (C x L x A)=1,10 x 0,92 x 1,80 m), seguidas de 5 câmaras (C x L x A)=1,10 x 1,56 x 1,80 m	Gradiente 70–10 s ⁻¹	20 min
Decantador	2 unidades	(C x L x A)=5,00 x 13,15 x 3,50 m	Taxa de aplicação 33 m ³ /m ² d	2,41 h
Filtro	5 unidades	(C x L x A)=3,05 x 1,90 x 1,90 m Leito filtrante: 0,11 m de pedregulho e 0,63 m de areia	Taxa de aplicação 150 m ³ /m ² d	–
Tanque de contato	1 unidade	(C x L x A)=3,20 x 10,30 x 2,19 m	-	24,1 min

TDH: tempo de detenção hidráulica.

A ETA-Itacolomi, inaugurada em 27 de setembro de 1992, foi projetada para uma vazão nominal de 50 L/s. A captação é realizada com barragem de regularização de nível no Córrego Teixeira, cuja bacia de drenagem situa-se no Parque Estadual do Ita-

Condições operacionais

Embora a vazão nominal da ETA seja de 50 L/s, a produção de água tratada situa-se entre 86 L/s durante a estação seca, e de 92 L/s na estação chuvosa (correspondendo a um acréscimo de 84%), para que não haja o desabastecimento, diante do consumo descontrolado da população e do elevado índice de perdas. A população servida pela ETA corresponde a 50% da população urbana (cerca de 31.000 habitantes) do município, o consumo *per capita* é aproximadamente de 250 L/hab.dia, atingindo picos de 600 L/hab.dia (no Carnaval), e estima-se que o sistema apresenta perdas de água da ordem de 50%. A título de referência, a quota *per capita* média do Estado de Minas Gerais é de 149 L/hab.dia; caso houvesse a

colomi (unidade de conservação criada em 1967). O coagulante empregado é o cloreto de polialumínio (CPA), porém, devido à qualidade da água bruta, especialmente na estação seca, seu uso é muitas vezes dispensado.

micromedição e o consumo estivesse próximo do valor médio do Estado, a vazão média de produção da ETA-Itacolomi seria de 53 L/s (praticamente o seu valor nominal). Assim, o efeito das condições de sobrecarga na produção de lodo foi estabelecido comparando-se a produção observada nas condições em que a ETA opera atualmente em relação à produção esperada caso a ETA operasse com sua vazão nominal de 50 L/s.

No período de estudo (outubro de 2013 a fevereiro de 2014), a ETA operou com vazão variando no intervalo de 81 a 92 L/s e os parâmetros de operação das unidades componentes da ETA-Itacolomi apresentaram valores conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Condições operacionais da Estação de Tratamento de Água Itacolomi no período de estudo.

Unidade	Parâmetros de operação	TDH
Mistura rápida/coagulação	Gradiente: 1.366–1.444 s ⁻¹	0,40–0,41 s
Floculador	Gradiente: >70→10 s ⁻¹	10–13 min
Decantador	Taxa de aplicação: 53,2–60,5 m ³ /m ² d	1,38–1,48 h
Filtro	Taxa de aplicação: 167,7–171 m ³ /m ² d Carreira de filtração: 24 h	–
Tanque de contato	–	13,1–14,8 min

TDH: tempo de detenção hidráulica.

AMOSTRAGEM E MONITORAMENTO

Água bruta

As análises da qualidade da água bruta foram realizadas pelo SEMAE, que disponibilizou as informações para a realização do presente trabalho. Para água bruta, foram realizadas as análises de rotina operacional, como turbidez, cor

aparente, pH, entre outros. No entanto, no presente trabalho são apresentados apenas os resultados de turbidez, que constitui o parâmetro de maior interesse para quantificação da produção de lodo.

Água de lavagem dos filtros

As ALFs foram monitoradas coletando-se uma amostra dos cinco filtros durante o processo de retrolavagem, com

o auxílio de um balde e uma corda. Objetivando coletar a ALF no momento em que ela possuísse as maiores con-

centrações de sólidos, praticou-se a retirada das amostras 60 s do início da lavagem dos filtros, de acordo com recomendações de Souza Filho & Di Bernardo (1998). As alíquotas de cada filtro eram misturadas de maneira a compor uma amostra representativa do lodo produzido nos cinco filtros. Os volumes gastos nas lavagens foram estabelecidos a partir da medição do tempo e da vazão de retrolavagem de 1,8 m³/min.

Lodo do decantador

As amostras do lodo do decantador foram coletadas durante a descarga completa da unidade, em diferentes níveis de água, conforme detalhado na Tabela 3. O volume de água gasto correspondeu, portanto, ao próprio volume do decantador, acrescido de cerca de 6 m³ gastos na lavagem das paredes do decantador. As amostras coletadas em diferentes níveis foram analisadas segundo os parâmetros ST, STF, STV e DQO. Durante o período do estudo, em função da impossibi-

As análises de turbidez e cor aparente da água de lavagem dos filtros também foram realizadas pelo SEMAE, e as demais análises para avaliação da produção de lodo nos filtros, ST, STF, STV e DQO, no laboratório de Saneamento da Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), de acordo com os procedimentos do *Standard Methods of Examination of Water and Wasterwater* (AWWA/APHA/WEF, 2012).

lidade de se retirar os dois decantadores de operação simultaneamente, um dos dois decantadores foi lavado exatamente no início (22 de outubro de 13) e no final do estudo (15 de janeiro de 2014), para permitir a análise da produção de lodo nessa unidade. A quantificação da produção total de lodo dos decantadores foi obtida adotando-se o valor correspondente ao dobro da produção observada no decantador analisado.

Tabela 3 – Detalhes da amostragem do lodo dos decantadores.

Ponto	Profundidade útil do decantador (m)	Profundidade da calha de fundo decantador(m)	Volume de influência (m ³)	Análise visual (identificação da amostra)
1	0,00–1,75	-	115,06	Sobrenadante
2	1,75–3,40	–	108,49	Transição do sobrenadante para o lodo de fundo
3	3,40–3,50	–	6,58	Lodo de fundo
4	–	0,00–0,50	6,58*	Lodo de fundo com água de lavagem das paredes do decantador

*Volume correspondente à calha de descarga do lodo ao fundo do decantador: dimensões (C x L x A)=13,15 x 1,0 x 0,5 m.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Turbidez da água bruta

No gráfico da Figura 1, que apresenta as variações temporais dos valores médios diários de turbidez da água bruta, observa-se que, em 74% do tempo, os valores da turbidez foram da ordem de 1,0 UNT, estando muito próximos do valor de 0,5 UNT estabelecido pela Portaria nº 2.914/2011 para água tratada. Apenas nos dias de chuva intensa, 4º dia operacional, e durante o período compreendido entre o 55º e 64º dias de moni-

toramento foram observados valores de turbidez mais elevados, com um máximo de 11 UNT.

Embora o período de realização do presente estudo tenha sido durante a estação chuvosa, as chuvas foram pouco frequentes nesse período, como em quase toda região Sudeste do país, o que explica os baixos valores de turbidez ao longo do período de monitoramento. Além disso,

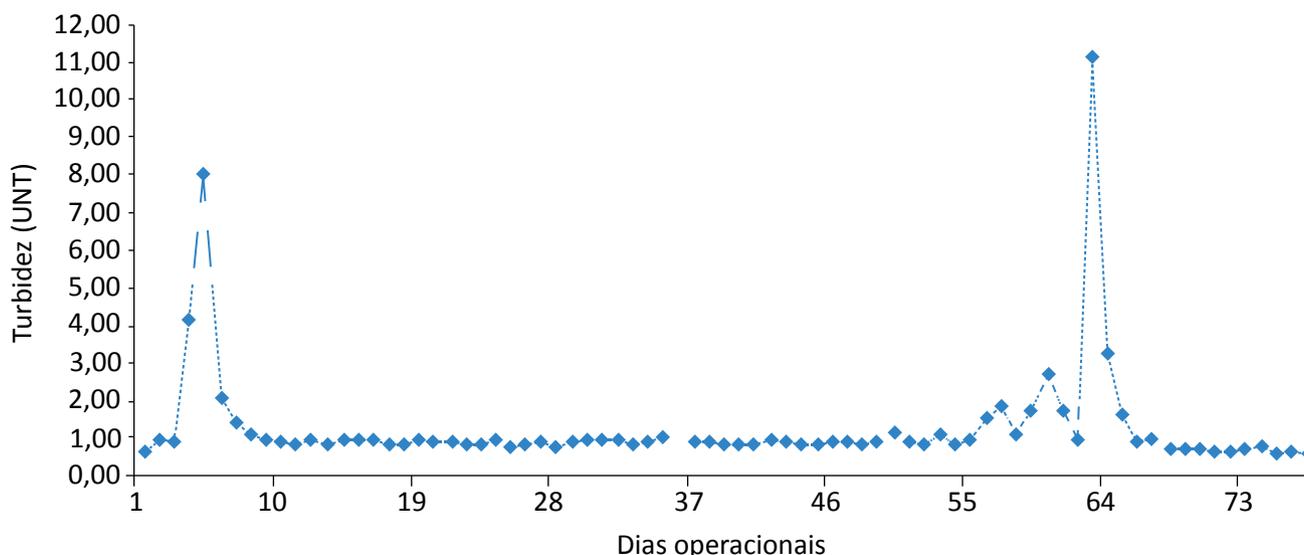


Figura 1 – Turbidez da água bruta ao longo do período de monitoramento.

como a captação é realizada em manancial protegido, os baixos valores de turbidez da água bruta são comuns no Sistema Itacolomi. Essas condições permitem, inclusive, que o emprego de coagulantes seja dispensando (em especial nos períodos de seca, quando a turbidez

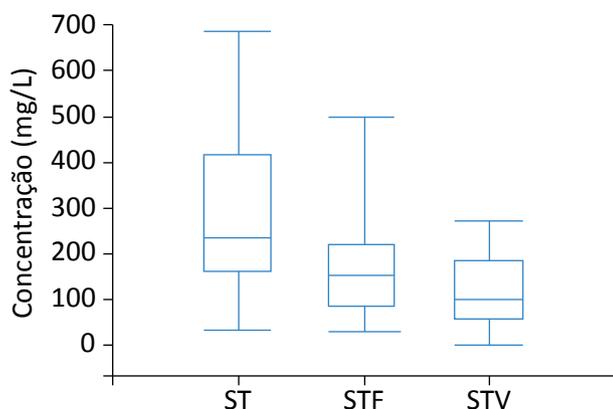
da água bruta é baixa), o que contribui para a redução da produção de resíduos, já que não há a inserção da massa desses coagulantes na água. Assim, uma elevada produção de lodo não é esperada na ETA-Itacolomi.

Caracterização do lodo

Filtros

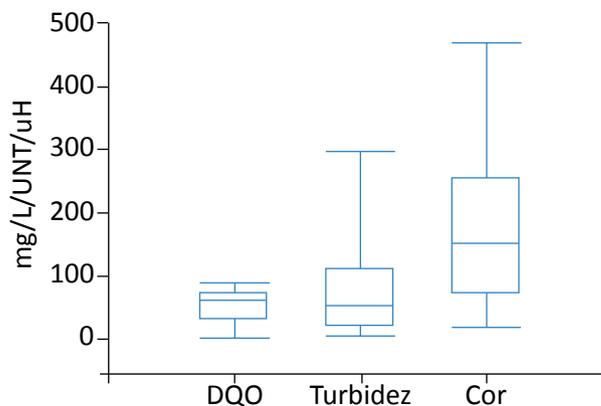
As características qualitativas do lodo produzido nos filtros em termos de ST, STF, STV, turbidez, cor

aparente e DQO são apresentadas nos gráficos das Figuras 2 e 3. As concentrações medianas de sólidos



ST: sólidos totais; STF: sólidos totais fixos; STV: sólidos voláteis totais.

Figura 2 – Gráfico *Box-Plot* das concentrações de sólidos totais, sólidos totais fixos e sólidos voláteis totais da água de lavagem de filtros.



DQO: demanda química de oxigênio.

Figura 3 – Gráfico *Box-Plot* dos valores de demanda química de oxigênio, turbidez e cor aparente da água de lavagem de filtros.

totais (ST), sólidos totais fixos (STF) e sólidos totais voláteis (STV) foram, respectivamente, de 302, 182 e 120 mg/L, resultando em percentual 39,7% de sólidos voláteis e 60,7% de sólidos fixos. Esses resultados revelam uma baixa fração de sólidos orgânicos que comumente se observa em lodos de ETAs. As variações das concentrações de ST foram de 36 a 685 mg/L, 23 a 491 mg/L para STF e de 13 a 270 mg/L para STV. No gráfico da Figura 3, que apresenta os resultados de DQO, turbidez e cor aparente da ALF, observa-se que esses parâmetros variaram, respectivamente, no intervalo de 1 a 89 mgDQO/L, com valor mediano de 51 mgDQO/L; de 4 a 297 UNT, com valor mediano de 110 UNT; e de 17 a 469 uH, com valor mediano de 172 uH. Os valores observados estão em conformidade com os intervalos de valores relatados na literatura: de 88 a 772 mgST/L, de 3 a 150 mgDQO/L, de 58 a 274 UNT e de 200 a 2.690 UH de cor (SCALIZE & DI BERNARDO, 1999; DI BERNARDO *et al.*, 2002; RIBEIRO, 2007).

Scalze (2003) cita que o emprego da lavagem do filtro mais sujo da bateria em cada turno de trabalho, baseado

Decantador

As amostras do decantador foram coletadas ao final do período de monitoramento, durante a operação de lavagem, conforme a metodologia descrita. A Tabela 4 apresenta os resultados das concentrações de ST, STF, STV e DQO, analisadas em diferentes alturas durante a descarga do decantador (amostras 1, 2, 3 e 4).

Com relação a esses resultados, observa-se que as características do sobrenadante do decantador são semelhantes às da água de lavagem dos filtros (amostra 1), enquanto, ao fundo, essas concentrações são mais elevadas (amostras 2, 3 e 4). Ainda,

em questões operacionais, origina resíduos menos concentrados e, devido ao maior número de vezes que são lavados, um maior volume de água. No caso da ETA-Itacolomi, de uma maneira geral, os filtros são lavados a cada 24 horas, em diferentes turnos, porém, normalmente o critério que condiciona a necessidade de lavagem dos filtros é a perda de carga no leito filtrante. Sobre esse aspecto, parece contraditório que em uma água bruta com baixa turbidez, em que as dosagens de produtos químicos muitas vezes são dispensadas, o tempo de carreira seja de apenas 24 horas. No entanto, a explicação para a colmatação dos filtros e a maior geração de lodo em um curto espaço de tempo reside nas condições de sobrecarga operacional às quais a ETA está submetida. Isso porque, como ela chega a operar com vazões de 81 a 92 L/s, as etapas de floculação de decantação ficam prejudicadas (maiores gradientes de floculação e elevada taxa de aplicação nos decantadores) e a remoção da turbidez passa a ocorrer principalmente nos filtros, o que leva à sua rápida colmatação. Ademais, os filtros operam com taxas de filtração de 245 a 275 m³/m².dia, correspondendo a sobrecargas de 63 a 83% em relação à taxa de projeto.

após o completo esgotamento do decantador, a adição de água para lavagem de suas paredes resultou em uma ligeira diluição do lodo.

Em termos de ST, o lodo apresentou concentrações variando de 0,048 a 0,49%, podendo ser considerado um lodo pouco concentrado, o que pode ser explicado pelos baixos valores da turbidez da água bruta afluyente a ETA-Itacolomi e pela não adição de coagulante durante grande parte do ano. Além disso, o curto tempo de acumulação e a sobrecarga operacional do decantador (propiciando condições inapropriadas para uma decantação mais efi-

Tabela 4 – Características físico-químicas do lodo do decantador.

Ponto	Profundidade útil do decantador(m)	Profundidade da calha de fundo decantador (m)	ST (mg/L)	STF (mg/L)	STV (mg/L)	STV/ST (%)	DQO (mg/L)
1	0,00–1,75	–	488	348	140	29,1	85
2	1,75–3,40	–	2.927	2.128	798	27,2	411
3	3,40–3,50	–	4.954	3.598	1.357	27,4	1726
4	–	0,00–0,50	4.581	3.352	1.229	26,8	1.658

ST: sólidos totais; STF: sólidos totais fixos; STV: sólidos voláteis totais; DQO: demanda química de oxigênio.

ciente) podem ter propiciado um baixo acúmulo de lodo. De acordo com Andreoli *et al.* (2006), esses valores comumente situam-se entre 0,1 e 4%. Pelas mesmas razões, os valores de DQO, que variaram entre 85 e 1.726 mg/L, também podem ser considerados baixos, já que os valores reportados na literatura indicam variações de 30 até 15.800 mg/L (CORDEIRO, 1999). Por fim, as frações de sólidos confirmam o caráter inorgânico do lodo produzido em ETAs, com percentual de STV/ST de 26,8 a 29,1%.

Considerando que o descarte do lodo ocorre com a completa descarga do decantador, a mistura dos lodos de diferentes alturas (ao final da descarga) apresentaria um volume total de 236,7 m³, com concentrações de 1.844 mgST/L, 1.338 mgSTF/L, 506 mgSTV/L e 324 mgDQO/L.

Produção de lodo

Filtros

O gráfico da Figura 4 apresenta o percentual de água tratada gasto na lavagem dos filtros da ETA-Itacolomi durante o período de monitoramento. A produção volumétrica de lodo nos filtros foi, em média, de 67,14 m³/dia e a vazão produzida de foi 7.534,85 m³/dia durante o período de monitoramento, resultando em um percentual médio de 0,9% da água tratada produzida sendo utilizada na ETA. A análise das condições de sobrecarga operacional revela um aumento de 72% na produção volumétrica de lodo nos filtros, pois, caso a vazão tratada estivesse limitada à

visando o aumento das concentrações de sólidos do lodo a ser descartado do decantador, Fernandes (2002) recomenda que 50% do sobrenadante do decantador seja encaminhado aos filtros, por meio de bombas ou sifões. Caso essa recomendação fosse praticada na ETA-Itacolomi (enviando-se o sobrenadante correspondente ao ponto 1 para os filtros), ter-se-ia um volume de lodo menor, de apenas 121,7 m³, com maiores concentrações dos parâmetros ST, STF, STV e DQO. Neste caso, as concentrações seriam de 3.126 mgST/L, 2.274 mgSTF/L, 852 mgSTV/L e 550 mgDQO/L, correspondendo a um aumento, em termos percentuais, de 69% em todos os parâmetros físico-químicos, quando comparado ao lodo originário da completa descarga do decantador.

vazão nominal da ETA (50 L/s) e o mesmo percentual de água gasto na lavagem dos filtros (0,9%) fosse observado, a produção volumétrica seria apenas de 38,88 m³/dia.

A estimativa da produção em massa de lodo, em termos de ST e STV, é apresentada na Figura 5. Os valores médios da massa de ST e STV e foram, respectivamente, de 20,46 e 8,18 kg/dia. Logicamente não são valores elevados, o que já era de se esperar, devido à baixa turbidez da água bruta e ao pouco uso de coagulante no período. Porém, observa-se uma ele-

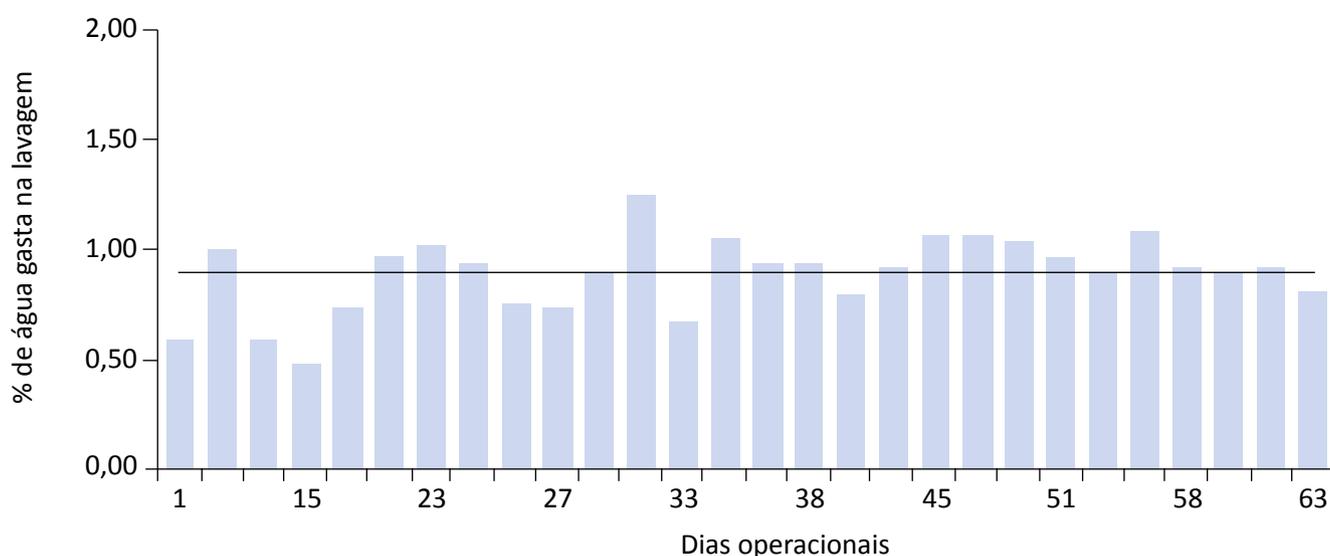


Figura 4 – Percentual de água gasta na lavagem dos filtros.

vação na massa de sólidos nas ALF ao longo do tempo de operação, que pode ser explicada pelas más condições de lavagem dos filtros e pelo aumento progressivo das concentrações de ST e STV no leito filtrante. Com relação à produção em massa, medida

Decantadores

A produção volumétrica de lodo dos decantadores, considerando sua completa descarga, equivale ao próprio volume das duas unidades de 473,4 m³, que correspondem a volume de lodo a ser descartado de 6,31 m³/dia (dividindo-se esse volume pelo período entre duas descargas consecutivas, de 75 dias, neste estudo). Esses resultados indicam que a produção de lodo nos decantadores correspondeu a 9% do volume produzido nos

pelo parâmetro DQO (Figura 6), o comportamento não segue uma tendência similar ao parâmetro STV, uma vez que compostos inorgânicos reduzidos, que podem causar DQO, não são incomuns nas ALF. Neste caso, a produção média foi de 3,40 kgDQO/dia.

filtros e a 0,08% da vazão de água tratada diariamente. Gardin (1992) relata que os volumes de resíduos gerados nos decantadores são baixos, apresentando valores de 0,06 a 0,25% em relação ao volume de água tratada. Já a produção total em massa de ST, STF, STV e DQO foi, respectivamente, de 11,64, 8,44, 3,19 e 2,04 kg/dia (Tabela 5), correspondendo a 56,8, 38,9 e 60,0% em relação às massas de ST, STV e DQO observadas nas ALFs.

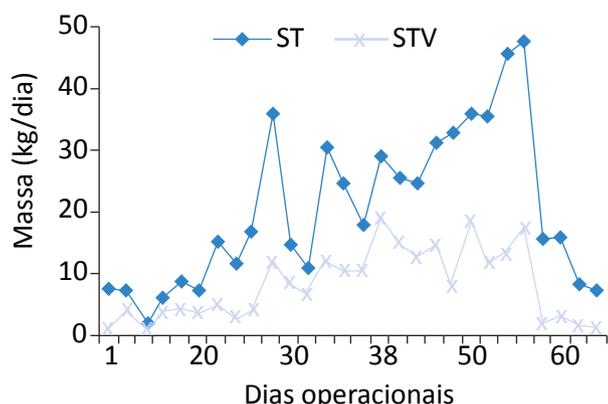
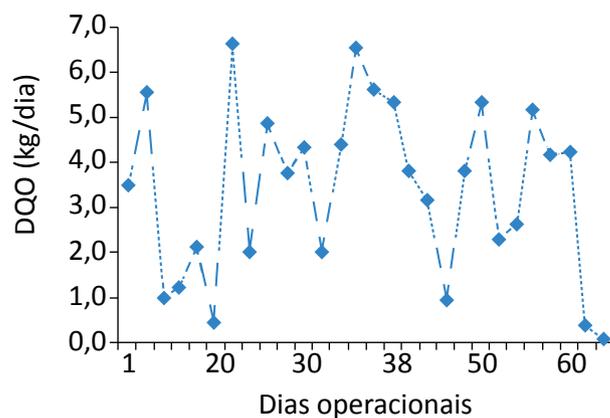


Figura 5 – Massa de lodo da água de lavagem de filtros em termos de sólidos totais e sólidos voláteis totais dos filtros.



DQO: demanda química de oxigênio.
Figura 6 – Massa de lodo da água de lavagem de filtros em termos de demanda química de oxigênio.

Tabela 5 – Produção de lodo em massa segundo os parâmetros sólidos totais, sólidos totais fixos e sólidos voláteis totais e demanda química de oxigênio.

Ponto	Profundidade útil do decantador (m)	Profundidade da calha de fundo decantador (m)	ST	STF	STV	DQO
			kg/dia			
1	0,00–1,75	–	1,50	1,07	0,43	0,26
2	1,75–3,40	–	8,47	6,16	2,31	1,19
3	3,40–3,50	–	0,87	0,63	0,24	0,30
4	–	0,00–0,50	0,80	0,59	0,22	0,29

ST: sólidos totais; STF: sólidos totais fixos; STV: sólidos voláteis totais; DQO: demanda química de oxigênio.

Produção total de lodo

Em termos volumétricos, a produção total de lodo (73,45 m³/dia) correspondeu a 0,98% do volume total de água tratada, sendo 91,8% gerados nos filtros (67,14 m³/dia) e 8,2% nos decantadores (6,31 m³/dia), estando coerente com os valores relatados na literatura (AWWA/ASCE/EPA, 1996; MATTOS & GIRAR, 2013). Por outro lado, a produção volumétrica total foi inferior aos valores normalmente observados e reportados na literatura, de 2 a 4% (MATTOS & GIRAR, 2013). Tal fato deve-se ao baixo índice pluviométrico no período e a menor disponibilidade de água no manancial, que obrigaram o sistema a gastar uma menor quantidade de água na lavagem dos filtros (reduzindo-se o tempo de lavagem), para que não ocorresse o desabastecimento, já que a vazão do manancial ficou reduzida a valores semelhantes à demanda da população.

A produção de lodo em massa total na ETA-Itacolomi (ALF+LD), ao longo do período de monitoramento, está apresentada no gráfico da Figura 7. Em média, a produção em termos de ST foi de 32,10 kg/dia, sendo 36% advindos dos decantadores e 63% dos filtros. Sobre esses resultados, é interessante observar que a literatura relata que a produção em massa nos decantadores é superior à produção dos filtros (MATTOS & GIRAR, 2013).

Nesse caso, duas razões podem explicar a maior produção de lodo em massa nos filtros da ETA-Itacolomi:

1. quando o uso do coagulante é dispensado, devido aos baixos valores de turbidez, os flocladores e decantadores não cumprem nenhum papel no processo de tratamento, sendo a turbidez da água bruta removida apenas nos filtros;
2. quando o coagulante é empregado, devido aos maiores valores de turbidez, a sobrecarga hidráulica nos flocladores e decantadores reduz a eficiência dessas unidades, e novamente a turbidez é removida em maior parte nos filtros.

A análise das condições de sobrecarga operacional na geração de lodo na ETA-Itacolomi revela que o consumo descontrolado da população tem um impacto na produção volumétrica de lodo da ordem de 73%. Isso porque a produção observada de 73,45 m³/dia poderia ser reduzida para 42,33 m³/dia (38,88 m³ALF/dia+6,31 m³LD/dia), caso a vazão da ETA fosse da ordem de 50 L/s. Já a produção de lodo (gST) em relação ao volume de água tratada (m³) no período, apresentada no gráfico da Figura 7, foi, em média, de 4,28 gST/m³. Caso a vazão produzida estivesse limitada à vazão nominal da ETA de 50 L/s

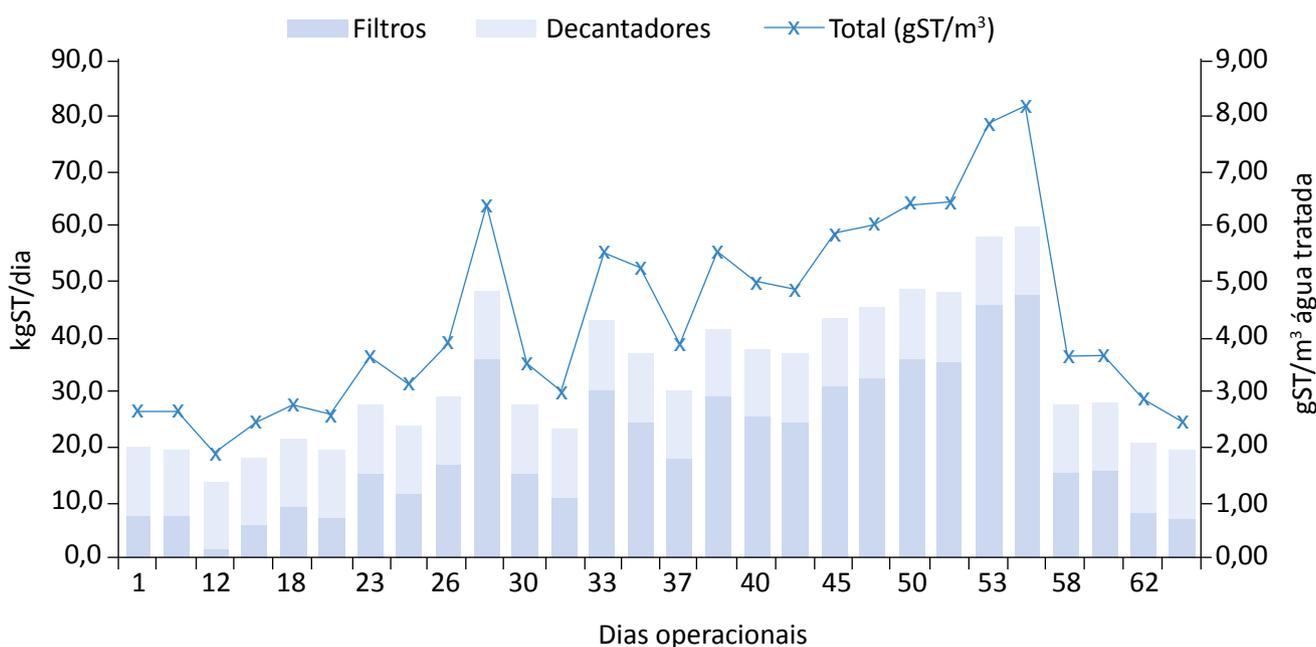


Figura 7 – Massa de sólidos totais produzidos na Estação de Tratamento de Água Itacolomi.

(4.320 m³/dia), e a produção de sólidos ocorresse nessa mesma taxa (4,28 gST/m³), a produção diária de lodo seria de 18,49 kgST/dia. Nessas condições, observa-se que a sobrecarga operacional na ETA-Itacolomi, devido ao consumo de água descontrolado pela população, teve um impacto na produção diária de lodo de 73,6%, já que a produção observada foi de 32,10 kgST/dia (consi-

derando-se que a produção em condições de operação com a vazão nominal seria de 18,49 kgST/dia).

Considerando a produção *per capita* de lodo, os valores observados no presente estudo foram de 2,36 L/hab.dia e 1,03 gST/hab.dia. Novamente, caso o controle do consumo fosse praticado, esses valores poderiam ser reduzidos para 1,36 L/hab.dia e 0,60 gST/hab.dia.

CONCLUSÃO

As condições de sobrecarga da ETA-Itacolomi, em consequência do consumo descontrolado de água pela população devido à falta de hidrometração, agravam os impactos ambientais no manancial de abastecimento de duas formas: pelo aumento no volume de água captado e pelo aumento na produção de resíduos.

Quanto ao volume de água captado, caso houvesse o controle do consumo e a quota *per capita* do município estivesse na média do Estado de Minas Gerais, a vazão demandada seria praticamente a vazão nominal da ETA de 50 L/s. Porém, sendo operada com vazões de 82 a 92 L/s, o descontrole no consumo ocasiona um acréscimo demanda de água do manancial de 84%, correspondendo a um elevado impacto ambiental.

Quanto à produção volumétrica de resíduos, a produção de lodo observada nos filtros e nos decantadores foi de 73,45 m³/dia, correspondendo a 0,98% do volume total de

água tratada, sendo 91,8% gerados nos filtros e 8,2% nos decantadores. Caso a ETA operasse com sua vazão nominal, o volume de resíduos lançado no manancial seria de 42,33 m³/dia, o que significa que as condições de sobrecarga ocasionaram um impacto de 73% na produção de volumétrica de lodo em condições de consumo controlado.

A produção em massa de ST foi de 20,65 kgST/dia nos filtros e de 11,64 kgST/dia nos decantadores, resultando em uma produção total de 32,10 kgST/dia. Esses resultados conduziram a uma produção média em relação ao volume de água tratada produzida de 4,28 gST/m³. Caso a ETA operasse na sua capacidade nominal, a massa total de sólidos gerada seria de 18,49 gST/dia, o que significa que as condições de sobrecarga ocasionam um impacto na produção em massa de lodo de 73%, quando comparadas às condições de consumo controlado.

REFERÊNCIAS

ABES – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 2013. Disponível em: <http://www.abes-mg.org.br/arquivos/site/publicacoes_jornal/boletim/boletim-111.pdf>. Acesso em: 01 fev. 2014.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10.004 - Resíduos Sólidos - Classificação*. ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENT FEDERATION (APHA/AWWA/WEF). *Standard Methods for the examination of Water and Wastewater*. 22st ed. Washington, DC: American Public Health Association, 2012.

AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION/AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS/ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (AWWA/ASCE/EPA). *Management of water treatment plant residuals*. New York: American Society of Civil Engineers, 1996. 294p.

ANDREOLI, C. V. (Coord.). *Usos alternativos de lodos de estações de tratamento de água e estações de tratamento de esgoto: Alternativas de Uso dos resíduos do saneamento*. 1^a ed. Rio de Janeiro: RiMa, ABES, 2006. 417p.

BRASIL. *Resolução nº 357*, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Brasília: Diário Oficial da União, 18 mar. 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2014.

BRASIL. *Resolução nº 380*, de 31 de outubro de 2006. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Brasília: Diário Oficial da União, 07 nov. 2006. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_2006_380.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2014.

BRASIL. *Lei nº 12.305*, de 2 de agosto de 2010. Institui A Política Nacional De Resíduos Sólidos. Brasília: Diário Oficial da União, 03 ago. 2010. Acesso em: 15 jan. 2014.

BRASIL. *Portaria nº 2.914*, de 12 de dezembro de 2011. Brasília: Ministério da Saúde. Disponível em: <http://bvsm.s.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 15 jan. 2014.

BRASIL. *Lei nº 9.605*, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Disponível: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19605.htm>. Acesso em: 20 jan. 2015.

CORDEIRO, J. S. Importância do tratamento e disposição adequada dos lodos de ETAs. In: REALI, M. P. (Coord.) *Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água*. Rio de Janeiro: ABES, 1999, p. 1-18.

DI BERNARDO, L.; SCALIZE, P. S.; SOUZA, F. A. G. Água de lavagem dos filtros rápidos. In: Reali, M. P. (Coord.). *Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água*. Rio de Janeiro: ABES, 1999. p. 143-168.

DI BERNARDO, L.; DI BERNARDO, A.; CENTURIONE FILHO, P. L. *Ensaio de tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água*. São Carlos: Rima, 2002. 237 p.

FERNANDES, A. N. *Balanço de massa e produção de lodo da Estação de Tratamento de Água Alto da Boa Vista – SABESP*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Sanitária) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

GRANDIN, S. R. *Desidratação de lodos produzidos nas estações de tratamento de água*. São Paulo, Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

MATTOS, M. R. U.; GIRARD, L. Caracterização físico-química e ensaios de adensamento em coluna do lodo produzido em uma Estação de Tratamento de Água de grande porte. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, n. 28, p. 34-43, 2013.

MINAS GERAIS. *Deliberação Normativa nº 153*, de 26 de julho de 2010. Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM. Disponível em <http://200.198.22.171/down.asp?x_caminho=reunioes/sistema/arquivos/material/&x_nome=Item_5.1_Delibera%E7%E3o_Normativa_COPAM_n%BA_153_de_26_julho_de_2010_original.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2014.

MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. *Parecer Técnico - Ref.: Ofício 1139/2008 (CAO-MA)* - Informações técnicas referentes aos danos ambientais decorrentes do lançamento de lodo in natura, pelas Estações de Tratamento de Água, no ambiente. Belo Horizonte: Procuradoria-Geral de Justiça, 2009.

RIBEIRO, F. L. M. *Quantificação e caracterização química dos resíduos da ETA de Itabirito - MG*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2007.

SCALIZE, P. S. *Disposição de resíduos gerados em estações de tratamento de água em estações de tratamento de esgoto*. Tese – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

SCALIZE, P. S.; DI BERNARDO, L. Caracterização da água de lavagem dos filtros rápidos de estações de tratamento de água e dos sobrenadantes e sedimentos após ensaios de clarificação utilizando polímero aniônico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20. 1999, Rio de Janeiro. *Anais eletrônicos...* Rio de Janeiro: ABES, 1999.

SOUZA FILHO, A. G. & DI BERNARDO, L. Caracterização e clarificação da água de lavagem dos filtros de uma ETA que utiliza cloreto férrico como coagulante primário. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20. *Anais...* Rio de Janeiro: , 1999.

SAÚDE AMBIENTAL E CONDIÇÕES DE BALNEABILIDADE EM COLEÇÃO HÍDRICA DO MÉDIO RIO DOCE (MG)

ENVIRONMENTAL HEALTH AND CONDITIONS FOR BATHING
IN HYDRIC COLLECTION IN THE MIDDLE DOCE RIVER (MG)

Marcelo Marcos Magalhães

Departamento de Meio Ambiente
do Instituto Federal de Educação
Ciência e Tecnologia da Bahia
(IFBA) – Seabra (BA), Brasil.

Vera Lúcia de Miranda Guarda

Departamento de Farmácia da
Universidade Federal de Ouro Preto
(UFOP) – Ouro Preto (MG), Brasil.

Tânia Gonçalves dos Santos

Coordenação de Extensão do
Centro Universitário do Leste de
Minas Gerais (Unileste) – Coronel
Fabriciano (MG), Brasil.

Endereço para correspondência:

Marcelo Marcos Magalhães – Rua
Osvaldo Cruz, 186 – Vasco Filho –
46900-000 – Seabra (BA), Brasil –
E-mail: tellusmagalhaes@gmail.com

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a saúde ambiental de cinco lagoas: da Prata, do Pau, Vermelha, Silvana e Nova, em uma região do Médio Rio Doce no Estado de Minas Gerais, Brasil. Foram avaliadas a composição e a distribuição de macroinvertebrados bentônicos relacionados com a presença de parâmetros biológicos (grupo coliforme), físicos (temperatura) e químicos (oxigênio dissolvido — OD, condutividade, pH, potencial de redução) em cada uma das lagoas mencionadas. As amostragens de macroinvertebrados foram realizadas entre dezembro de 2007 e janeiro de 2009. Os táxons identificados foram analisados a partir de índices de diversidade Shannon-Wiener (H'), uniformidade Pielou (e), *Biological Monitoring Working Party* (BMWP), *Average Score Per Taxon* (ASPT), índice biótico de família (IBF) e análise de componentes principais (ACP). Fatores como a abundância das famílias Thiaridae e Physidae, OD, o potencial de redução, a pluviosidade, a presença de macrófitas aquáticas e a contaminação da água por coliformes foram os parâmetros que mais influenciaram na distribuição e composição da assembleia de macroinvertebrados e nas condições de balneabilidade das lagoas estudadas.

Palavras-chave: macroinvertebrados; lagoas; antropização; coliformes; saúde ambiental.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the environmental health of five ponds: Prata, Pau, Vermelha, Silvana and Nova, in a region of the middle Doce River in the state of Minas Gerais, Brazil. The composition and distribution of benthic macroinvertebrates was evaluated and related to the presence of biological (coliform group), physical (temperature) and chemical parameters (dissolved oxygen, conductivity, pH, reduction potential) in each aforementioned pond. The samples of macroinvertebrates were collected from December 2007 to January 2009. The identified taxa were analyzed from Shannon-Wiener (H') diversity index, Pielou's evenness (e) Biological Monitoring Working Party (BMWP), Average Score per Taxon (ASPT), Family Biotic Index (IBF) and Analysis of Main Components (ACP). Factors like the abundance of Thiaridae and Physidae families, dissolved oxygen, reduction potential, rainfall, presence of macrophytes and water contamination by coliforms were the parameters that most influenced the distribution and composition of macroinvertebrate assembly and the bathing conditions of the ponds studied.

Keywords: macroinvertebrates; ponds; anthropization; coliforms; environmental health.

INTRODUÇÃO

A Bacia Hidrográfica do Rio Doce está situada na Região Sudeste do Brasil, compreendendo uma área de drenagem de cerca de 83.400 km², dos quais 86% pertencem ao Estado de Minas Gerais, e o restante, ao Estado do Espírito Santo. O Rio Doce, com uma extensão de 853 km, tem como formadores os Rios Piranga e Carmo, cujas nascentes estão situadas nas encostas das Serras da Mantiqueira e Espinhaço, onde as altitudes atingem cerca de 1.200 m (ANA, 2009).

Segundo Tundisi & Saijo (1997), a formação dos lagos do Vale do Rio Doce ocorreu no Pleistoceno, por meio da barragem da desembocadura dos antigos afluentes do Médio Rio Doce e Piracicaba, além do provável movimento epirogenético positivo após a formação destes lagos, ocasionando diferenças de nível entre leito do rio e lagos.

Desde a década de 1940, o sistema de lagos do Médio Rio Doce teve sua vegetação nativa (Mata Atlântica, que recobria as bacias de 2/3 dos lagos) substituída predominantemente por plantios de *Eucalyptus spp.*, considerada atividade potencialmente geradora de erosão acelerada (MCDONALD & CARMICHAEL, 1996; EPA, 1997; SABARÁ & BARBOSA, 2007). Além disso, o desmatamento crescente para atividades agropecuárias e o uso intensivo dos recursos para recreação e pesca têm contribuído para maximizar os impactos sobre a fauna e flora dos lagos.

Conforme Taniwaki & Smith (2011), a Lei nº 9433/97, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, dá subsídios para o uso de bioindicadores como ferramenta de avaliação, considerando que a integridade humana e o equilíbrio ambiental não devem ser comprometidos pela degradação dos corpos hídricos, legitimando a importância do estudo das comunidades biológicas para a manutenção da saúde dos ecossistemas aquáticos. Estando a situação de um cor-

po d'água estreitamente relacionada às atividades humanas realizadas à sua volta, o primeiro passo para a compreensão de como as comunidades de organismos como os macroinvertebrados bentônicos estão reagindo à alteração da qualidade de água é identificar quais variáveis físicas, químicas e biológicas estão afetando essas espécies (TATE & HEINY, 1995). Macroinvertebrados bentônicos são vistos como indicadores biológicos ideais na avaliação da saúde dos corpos d'água, pelo fato de serem abundantes em muitos dos ecossistemas de água doce, terem longa vida em comparação com as algas e possuírem tolerâncias variáveis a perturbações (SINGH & SHARMA, 2014).

As coleções hídricas do Médio Rio Doce sofrem intervenção crescente da ação do homem, devido ao crescimento urbano associado às práticas exploratórias de monoculturas, pecuária e extrativismo sem medidas de controle ambiental e sanitário. Para Davis & Simon (1995), estimar a saúde e integridade do ecossistema pode ser a melhor forma de determinar o efeito total de todos os fatores no ambiente aquático.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a saúde ambiental de cinco lagoas. As Lagoas Nova, Silvana e Vermelha estão situadas dentro dos limites do município de Caratinga, na margem direita do Rio Doce, e as Lagoas do Pau e da Prata, à esquerda do Rio Doce, pertencente ao município de Santana do Paraíso (Figura 1). Mais especificamente, realizou-se a pesquisa da composição e distribuição de macroinvertebrados bentônicos diante da contaminação por coliformes termotolerantes, variáveis físicas e químicas nas cinco lagoas. Índices de diversidade e riqueza de espécies foram utilizados para a caracterização da qualidade da água e uma análise de componentes principais (ACP) foi feita para verificar quais grupos de macroinvertebrados mais contribuíram para a caracterização dos *habitats* estudados, bem como os fatores que influenciaram na distribuição desses organismos.

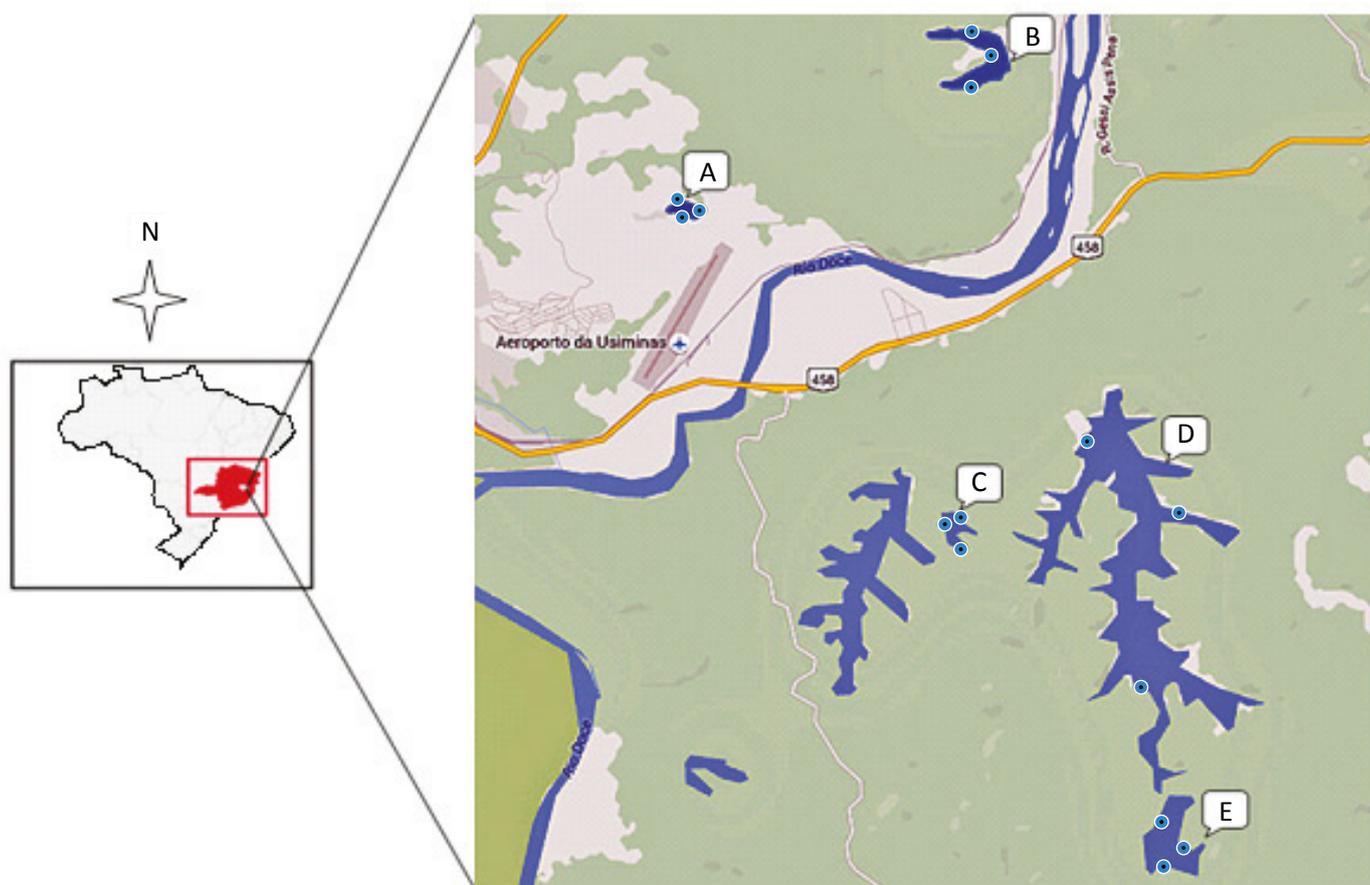
METODOLOGIA

As coleções hídricas da região do Médio Rio Doce, foco deste estudo, estão situadas entre os paralelos 19°25'53.32 e 19°33'26.90 de latitude sul e os meridianos 42°23'20.21 e 42°39'24.45 de longitude oeste.

Foram realizadas, entre os meses de dezembro de 2007 e janeiro de 2009, análises microbiológicas, físicas e químicas da água e pesquisa de macroinvertebrados bentônicos. Nesse mesmo período, 32 amostras de águas foram coletadas nas Lagoas Nova, Silvana,

Vermelha, do Pau e da Prata, seguindo as normas NBR 9898 (ABNT, 1987) e *Standard Methods* (APHA, 2005). O número mais provável (NMP) de bactérias do grupo coliforme, incluindo coliformes totais e *Escherichia coli*, foi determinado pela técnica da diluição em tubos múltiplos, na qual volumes decrescentes da amostra (diluições decimais consecutivas) foram inoculados em meio de cultura caldo lactosado (lauril triptose), em série de três tubos. A inoculação foi feita a partir da diluição de 10 mL da amostra em 90 mL de solução salina; em seguida, diluiu-se o volume de 1 mL em 9 mL de caldo lactosado. Esse procedimento foi repetido em mais duas diluições, obtendo, portanto, as diluições de 10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3} . Para cada amostra de água foi preparada uma sequência de três diluições em meio

de cultura e um tubo sem inóculo, o qual serviu como grupo controle. Após a inoculação, as amostras foram incubadas em estufa a 35°C por 24 horas. Em cada tubo verificou-se a produção de gás, que é facilitada com o uso de um tubo de Durham. A turvação do meio e a mudança de cor, com o auxílio do corante púrpura de bromocresol com faixa de viragem do púrpura-amarelo na faixa de pH entre 5,2 e 6,8, foram usadas como teste presuntivo, indicando a presença ou a ausência de coliformes. Os tubos que apresentaram resultados negativos foram novamente incubados a 35°C por mais 24 horas. Dos tubos positivos foram obtidas amostras com o auxílio de alça de platina e semeadas em placas contendo meio de cultura Agar Eosina Azul de Metileno (EMB) e incubados por 24 horas a 35°C, com



Fonte: Google Earth/Maps. Version Digital Globe. CNES/Astrium, 2016.

Pontos A (Lagoa do Pau), B (Lagoa da Prata), C (Lagoa Vermelha), D (Lagoa Silvana) e E (Lagoa Nova). O símbolo ● representa os pontos de amostragem de macroinvertebrados e coleta de água para análises microbiológicas, físicas e químicas.

Figura 1 - Localização geográfica da coleção hídrica estudada na região do Médio Rio Doce, leste de Minas Gerais, Brasil.

o propósito de obter respostas de confirmação do teste presuntivo.

Para a verificação da contaminação da água por organismos termotolerantes fez-se a inoculação das amostras positivas no teste de confirmação para coliformes em meio de cultura *E. coli* e incubadas a 44°C por 24 horas. A combinação dos resultados positivos e negativos foi usada na determinação do NMP.

Para as análises físicas e químicas das coleções hídricas utilizaram-se os equipamentos: oxímetro, marca Instrutherm, modelo MO-880, para obter os resultados de medidas de oxigênio dissolvido (OD) em miligramas por litro (mg/L); condutivímetro, marca Instrutherm, modelo CD-850, para quantificar os íons dissolvidos apresentados em microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$); potenciômetro, marca WTW, modelo 330i, utilizado para medir o potencial hidrogeniônico (pH) de cada amostra e a temperatura em graus Celsius (°C). A sonda Multiline P4 Universal Meter foi utilizada para mediar o potencial de redução (Eh) dado em milivolts (mV).

A pesquisa de macroinvertebrados bentônicos foi realizada em seis campanhas, durante as estações chuvosa e seca, entre os anos de 2007 e 2009. Para tal pesquisa, a coleta de dados foi baseada no método de *hand-net* (MACAN, 1977), que consiste no mergulho e arrasto de peneira de material metálico junto ao fundo, próximo à vegetação aquática (quando presente), coletando, dessa forma, os invertebrados. A peneira possui uma área de 0,10 m², malha de 1 mm. Esta é presa a um cabo para permitir a coleta de amostras de sedimento da margem, sendo de fácil operação manual e boa penetração em sedimentos moles.

Foram selecionados aleatoriamente cinco pontos amostrais distribuídos ao longo da margem das lagoas, com distância de 5 m entre os pontos, repetindo o procedimento na margem oposta de cada lagoa. Em cada ponto foram coletadas duas amostras divididas em dois microhabitats: sedimento a partir de 1,5 m de profundidade e área superficial margi-

nal com ou sem macrófitas, sendo 5 subamostras em cada microhabitat. No total, 100 amostras foram coletadas nas 5 lagoas.

Os organismos coletados foram levados para o laboratório, em frascos contendo álcool 70%, para identificação. O sedimento de cada amostra devidamente identificado foi lavado em peneiras com malha de 0,21 mm. Posteriormente, foram triados em cubas de plástico com o auxílio de pinças e pincel. Em seguida, armazenados em recipientes contendo álcool 70%. Na identificação utilizou-se microscópio estereoscópico binocular com aumento total de 40X. Os organismos foram identificados por meio das chaves de identificação (MACAN, 1977; McCafferty, 1983; Borrór & Delong, 1988; Johnson & Triplehorn, 2004), até o nível taxonômico de família.

Dentre as estratégias de análise utilizadas para diagnosticar a saúde ambiental das coleções hídricas, foram obtidos os índices de diversidade Shannon-Wiener (H') e de uniformidade Pielou (e), ACP da correspondência dos organismos estudados a variantes ambientais, *Biological Monitoring Working Party* (BMWP) conforme proposto por Brigante *et al.* (2003) onde se obtém, por meio da pontuação das famílias de macroinvertebrados bentônicos, uma classificação de qualidade da água, *Average Score Per Taxon* (ASPT), correspondendo à média das pontuações de tolerância de todas as famílias de macroinvertebrados encontrados, e o índice biótico de família (IBF), de acordo com Zimmerman (1993), obtido por intermédio da Equação 1:

$$\text{IBF} = \frac{\sum n_i \cdot a_i}{N} \quad (1)$$

Em que:

n_i = número de indivíduos do grupo taxonômico;

a_i = pontuação da tolerância a poluição do grupo taxonômico;

N = número total de organismos amostrados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da avaliação da presença de bactérias do gênero coliforme no sistema lacustre, realizada pelo teste dos tubos múltiplos, apontam a Lagoa do Pau como altamente contaminada por *E. coli*, de acordo

com o número mais provável por 100 mL (NMP/100 mL) de 2.400 indivíduos em 3 amostras. Conforme a resolução do CONAMA nº 274 (BRASIL, 2000), a *E. coli* é abundante em fezes humanas e de animais de sangue

quente, sendo somente encontrada em águas naturais e solos que tenham recebido contaminação fecal recente. A Lagoa Nova foi a única a apresentar amostras com resultados negativos em teste para *E. coli*. No entanto, o NMP/100 mL para coliformes termotolerantes foi positivo em todas as demais lagoas, com maiores valores para as Lagoas do Pau e da Prata.

As Lagoas da Prata, do Pau e Silvana foram as que apresentaram as menores taxas de Eh (Tabela 1), em virtude da boa oxigenação. A Lagoa da Prata é um ambiente pouco frequentado por turistas; além do distanciamento dos centros urbanos, possui mata ciliar em toda a sua extensão e menor assoreamento do corpo hídrico, quando comparada às outras lagoas estudadas. Os resultados de Eh e OD mostram um ambiente com boa oxigenação, no entanto, apresentou-se contaminada por coliformes totais e *E. coli*. Nesse mesmo ambiente foi observada uma

residência com moradores e dejetos fecais em trilhas próximas à margem. Conforme a Organização Mundial da Saúde (WHO, 2003), o NMP de *E. coli* abaixo de 32 indivíduos/100 mL não representa risco a saúde humana.

A Lagoa do Pau apresentou elevada contaminação por coliformes totais e *E. coli*. Apesar de sofrer maior intervenção antrópica, por estar localizada próximo ao centro urbano, é alimentada por um afluente perene, garantindo, assim, melhor oxigenação.

Na Lagoa Silvana funciona uma instalação de um clube náutico, sendo, portanto, muito frequentada por turistas e pescadores associados e clandestinos. Essa lagoa apresentou valores elevados para *E. coli*; no entanto, a área e o perímetro maiores, devido às ramificações em relação às demais lagoas, além da abundância de macrófitas aquáticas em algumas áreas, justificam uma melhor oxigenação desse corpo hídrico (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1 - Análise física, química e microbiológica (obtido através da média do número mais provável por 100 mL, dos testes presuntivos e confirmativos para coliformes totais e *Escherichia coli* “coliforme termotolerante”), das Lagoas Nova, Silvana, Vermelha, do Pau e da Prata.

Lagoas	Oxigênio dissolvido (mg/L)	Condutividade $\mu\text{S/cm}$ (25 ^o)	Temperatura (°C)	pH	Eh (mV)	Coliformes totais (NMP/100 mL)	<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)
Nova	6,97	68	24,5	7,10	12	306,83	<3,0
Silvana	7,86	69	25,6	6,92	3	167	135,66
Vermelha	5,74	40	24,7	7,07	13	427,66	6,18
Pau	8,92	52	24,0	7,12	2	1631	1446,32
Prata	7,91	42	24,4	6,89	3	1610,66	64,28

NPM: número mais provável por 100 mL.

Tabela 2 - Área e perímetro das lagoas calculados utilizando o software GE Path 1.4.5., riqueza de espécies, índice de diversidade de Shannon-Wiener e índice de uniformidade de Pielou respectivo a cada lagoa.

Lagoas	Área (m ²)	Perímetro (m)	Riqueza	(H')	(e)
Pau	104.878	1.663	127	1,72	0,82
Prata	544.908	6.452	565	1,54	0,56
Vermelha	151.884	2.375	633	1,31	0,47
Silvana	4.031.722	30.294	700	1,42	0,50
Nova	640.937	4.733	457	1,01	0,38

H': índice de diversidade de Shannon-Wiener; e: índice de uniformidade de Pielou.

As Lagoas Nova e Vermelha apresentaram valores baixos para OD e elevados para Eh. Esses valores se justificam por reduzida área superficial e nenhuma ramificação, ausência de mata ciliar em pelo menos uma das margens e presença constante de turistas e pescadores (Tabelas 1 e 2). Ainda que as duas lagoas tenham apresentado valores baixos para contaminação por *E. coli*, foi constatada a contaminação por coliformes totais em ambas. A Lagoa Vermelha, que não possui nenhuma infraestrutura para pesca e turismo, apresentou os menores valores para condutividade, enquanto as Lagoas Silvana e Nova apresentaram valores elevados para condutividade, por conterem infraestrutura como barcos e área de *camping*. Para Rocha & Pereira (2016), a condutividade está relacionada com a presença de sais na água, indicando, indiretamente, uma medida da concentração de poluentes.

Na amostragem de zoobentos foram coletados 2.482 indivíduos de macroinvertebrados bentônicos nas 5 lagoas estudadas. A Lagoa do Pau, embora tenha apresentado a menor riqueza de espécies, foi a que apresentou maior diversidade de Shannon-Wiener e uma distribuição mais equitativa em relação às outras lagoas (Tabela 2). Esse resultado está relacionado ao fato de a Lagoa do Pau apresentar boa oxigenação da água, favorecendo a colonização de *habitats*, somado ao fato de haver menor abundância das famílias Physidae e Thiaridae em relação às demais (Tabela 3). De acordo com Ramos (2008) e Heller *et al.* (2014), os thiarídeos utilizam o mesmo tipo de alimento que diversas espécies de moluscos nativos, sendo, portanto, potenciais competidores que, devido ao elevado potencial reprodutivo, poderão excluí-las competitivamente, como está acontecendo na Lagoa Vermelha em relação à família Physidae.

A Lagoa Nova, em períodos de cheia, drena para a Lagoa Silvana; a característica redutora da água da Lagoa Nova e o sentido do fluxo das águas parecem influenciar na menor dispersão da família Thiaridae para a Lagoa Nova, diminuindo a supressão sobre a família Physidae. No entanto, a baixa diversidade da Lagoa Nova está relacionada à baixa concentração de oxigênio, promovida pelo elevado potencial redutor da água. Contudo, a atividade antrópica recorrente nessa lagoa é responsável por condutividade elevada e contaminação por coliformes.

A partir dos grupos taxonômicos apresentados na Tabela 3, os valores obtidos para o índice BMWP destacam a Lagoa Vermelha como ambiente de “águas

limpas sem alterações evidentes”; a Lagoa Nova como “ambiente alterado e águas com qualidade duvidosa”; as Lagoas do Pau, da Prata e Silvana como “efeitos moderados de poluição e águas com qualidade aceitável” (Tabela 4). Essa análise segue a proposta de Brigante *et al.* (2003), em que o significado dos valores do índice BMWP varia conforme as classes de qualidade da água, de valores menores que 15, para águas “fortemente contaminadas”, até valores acima de 101, indicando águas “muito limpas sem contaminação ou alteração evidente”. A caracterização da Lagoa Vermelha como ambiente de águas muito limpas pelo índice BMWP e a elevada riqueza de espécies vão de encontro aos resultados das análises químicas como OD e Eh, que denotam um ambiente redutor com baixa concentração de OD. Alguns táxons de macroinvertebrados, como Glossomatidae, Hydrobiosidae e Leptoceridae, da ordem Trichoptera, e Leptophlebiidae, da ordem Ephemeroptera, foram os maiores responsáveis pela caracterização do ambiente como limpo, pois essas ordens são distinguidas por organismos sensíveis a perturbações ambientais com necessidade de elevada concentração de OD na água (RIGHI-CAVALLARO; SPIES; SIEGLOCH, 2016). Entretanto, Whitfield (2001) e Pereira & De Luca (2003) afirmam que a amostragem de variáveis físicas e químicas fornece somente um estado momentâneo de uma situação que pode ser altamente dinâmica. Outras informações que corroboram o resultado do índice BMWP para a Lagoa Vermelha são a riqueza e a diversidade de espécies com valores próximos aos da Lagoa Silvana, que possui uma área cerca de 26 vezes maior.

Segundo Armitage *et al.* (1983), o ASPT representa a pontuação média de tolerância de todos as taxas dentro da comunidade, sendo calculado pela divisão do BMWP pelo número de taxa registrado na amostra. De acordo com Silva *et al.* (2011), o índice ASPT funciona como uma medida de correção ao índice BMWP, apresentando resultados mais realistas. Um valor alto de ASPT usualmente caracteriza o lugar como “limpo contendo um número relativamente alto de táxons registrados”. Locais que não suportam alto número de taxa geralmente apresentam baixos valores de ASPT. Os valores BMWP-ASPT obtidos (Tabela 4) apontam para uma “qualidade duvidosa ou questionável da água e poluição moderada” da Lagoa do Pau, e as demais lagoas foram classificadas como “ligeiramente poluídas”.

Tabela 3 - Composição taxonômica de macroinvertebrados distribuídos nas cinco lagoas estudadas na região do Médio Rio Doce (MG). Indivíduos agrupados por família.

Grupo taxonômico		L. Nova		L. Silvana		L. Vermelha		L. do Pau		L. da Prata	
Ordem	Família	M	DP	M	DP	M	DP	M	DP	M	DP
Mollusca	<i>Ampullaridae</i>	–	–	0,15	0,366	0,25	0,433	0,307	0,1	–	–
	<i>Ancylidae</i>	–	–	0,05	0,223	–	–	0,35	0,587	–	–
	<i>Lymnaeidae</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	2,3	4,348
	<i>Bithyniidae</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	2,95	12,85
	<i>Thiaridae</i>	4,3	3,826	15,7	16,26	20,45	16,80	2,5	3,086	14,05	19,19
	<i>Unionidae</i>	–	–	–	–	0,25	0,622	0,1	0,307	0,05	0,217
	<i>Physidae</i>	16	38,01	11,3	18,05	0,05	0,217	2	1,946	3,9	10,71
	<i>Planorbidae</i>	–	–	–	–	–	–	0,1	0,447	0,25	0,536
Grupo taxonômico		L. Nova		L. Silvana		L. Vermelha		L. do Pau		L. da Prata	
Annelida	<i>Oligochaeta</i>	0,1	0,447	–	–	–	–	–	–	–	–
Odonata	<i>Aeshinidae</i>	–	–	–	–	–	–	0,1	0,307	0,55	1,023
	<i>Lestidae</i>	–	–	–	–	0,05	0,217	0,05	0,223	–	–
	<i>Macroimidade</i>	–	–	–	–	0,05	0,217	–	–	–	–
	<i>Libellulidae</i>	–	–	0,1	0,307	0,15	0,357	0,05	0,223	0,05	0,217
	<i>Gomphidae</i>	–	–	–	–	–	–	0,05	0,223	0,15	0,357
	<i>Coenagrionidae</i>	–	–	–	–	0,1	0,3	0,1	0,307	–	–
Trichoptera	<i>Glossomatidae</i>	–	–	–	–	0,45	1,071	–	–	–	–
	<i>Hydrobiosidae</i>	–	–	–	–	0,05	0,217	–	–	–	–
	<i>Hydropsychidae</i>	–	–	–	–	–	–	0,1	0,307	–	–
	<i>Leptoceridae</i>	–	–	–	–	0,6	1,019	–	–	–	–
	<i>Polycentropodidae</i>	–	–	–	–	–	–	0,1	0,447	0,05	0,217
Diptera	<i>Ceratopogonidae</i>	–	–	–	–	0,05	0,217	0,15	0,476	–	–
	<i>Chaoboridae</i>	0,4	0,598	–	–	–	–	–	–	0,05	0,217
	<i>Chironomidae</i>	0,1	0,307	0,15	0,366	2,6	3,039	0,5	2,013	3	6,196
	<i>Culicidae</i>	–	–	0,05	0,223	–	–	–	–	–	–
	<i>Simuliidae</i>	0,05	0,223	–	–	–	–	–	–	–	–

Continua...

Tabela 3 - Continuação.

Grupo taxonômico		L. Nova		L. Silvana		L. Vermelha		L. do Pau		L. da Prata	
Ordem	Família	M	DP	M	DP	M	DP	M	DP	M	DP
Ephemeroptera	<i>Baetidae</i>	0,1	0,307	0,3	0,978	–	–	–	–	–	–
	<i>Leptophlebiidae</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<i>Caenidae</i>	–	–	0,5	1,277	–	–	0,2	0,523	0,25	0,433
Heteroptera	<i>Belostomatidae</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	0,1	0,3
	<i>Corixidae</i>	0,3	1,128	–	–	0,2	0,509	–	–	–	–
	<i>Naucoridae</i>	–	–	–	–	0,15	0,357	–	–	–	–
	<i>Notonectidae</i>	0,75	2,149	0,8	2,238	0,1	0,3	–	–	0,1	0,435
	<i>Gerridae</i>	0,1	0,307	–	–	–	–	–	–	0,4	1,529
Crustacea	<i>Palaeomonidae</i>	0,6	1,142	3,5	12,86	–	–	–	–	–	–
	<i>Candoniidae</i>	–	–	2,15	9,615	–	–	–	–	–	–
	<i>Gammaridae</i>	–	–	–	–	5,05	11,15	–	–	–	–
Ostracoda	<i>Cyprididae</i>	–	–	–	–	0,05	0,217	–	–	–	–
	<i>Darwinulidae</i>	–	–	–	–	0,8	1,860	–	–	–	–
Neuroptera	<i>Hemerobiidae</i>	–	–	–	–	0,05	0,217	–	–	–	–
Aranae	<i>Pisauridae</i>	–	–	–	–	–	–	–	–	0,05	0,217
	<i>Hydracarinae</i>	–	–	0,05	0,223	–	–	–	–	–	–

M = média; DP = desvio padrão.

Tabela 4 - Pontuação relativa às famílias de macroinvertebrados bentônicos para o índice IBF, valores de tolerância por espécime para BMWP e índice ASPT para as cinco lagoas estudadas.

Lagoas	BMWP	BMWP-ASPT	IBF
Pau	81	5,78	7,59
Prata	78	4,58	7,19
Vermelha	103	4,68	6,81
Silvana	65	4,64	7,18
Nova	50	4,16	7,68

BMWP: Biological Monitoring Working Party; ASPT: Average Score Per Taxon; IBF: índice biótico de família.

A qualidade da água, com base no IBF, adaptado de Zimmerman (1993), citado por Silva *et al.* (2011), define como “água de excelente qualidade, sem poluição orgânica aparente” valores que variam de 0,00 a 3,50; “água com qualidade razoável, poluição moderada” valores de 3,51 a 6,50; “água com qualidade moderadamente pobre” valores de 6,51 a 8,50; e “muito pobre com poluição orgânica severa” valores de 8,51 a 10,00 (Tabela 4). Todas as lagoas estudadas foram consideradas como ambientes com qualidade de água moderadamente

pobres, com destaque para a Lagoa Nova, por apresentar o maior valor e ser o único ambiente em que foram encontrados indivíduos do táxon Oligochaeta. Este grupo é uma importante classe de macroinvertebrados, por serem comumente encontrados em ambientes organicamente poluídos, sendo, por isso, considerados bons indicadores ambientais (KAMADA; LUCA; LUCA, 2012).

Na ACP (Figura 2), as variáveis complementares que interferiram significativamente na distribuição dos

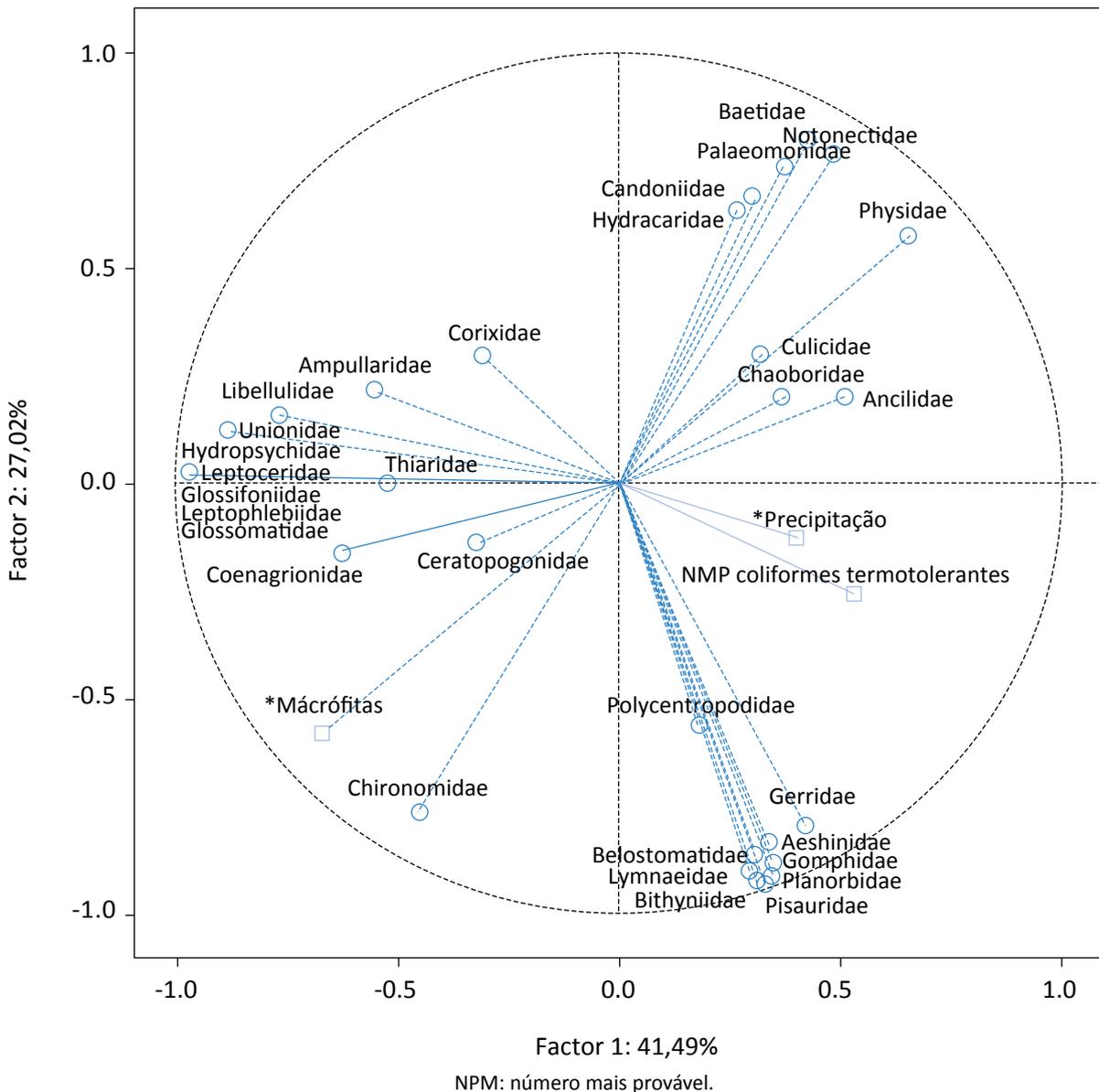


Figura 2 - Distribuição da nuvem de variáveis: macroinvertebrados bentônicos, macrófitas aquáticas, coliformes fecais termotolerantes e precipitação, no círculo de correlações.

macroinvertebrados bentônicos foram a contaminação por coliformes termotolerantes, a presença de macrófitas aquáticas e a precipitação total mensal referentes ao período de 2007 a 2009, dados obtidos do Sistema de Controle Climatológico, da COPASA MG no município de Ipatinga. O percentual de variância explicada pelos dois fatores, 1 e 2, da ACP é de 68,51% e as variáveis que melhor representam a distribuição dos organismos mais sensíveis à poluição compõem o Fator 1, formando a componente representada pelas famílias: Glossosomatidae, Hydropsychidae e Leptoceridae da ordem Trichoptera, Leptophlebiidae da ordem Ephemeroptera, Macromiidae, Hemerobiidae,

Naucoridae, Unionoidea, Cyprididae, Darwinulidae e Gammaridae. A distribuição desses grupos é influenciada pela variável complementar (presença de macrófitas), responsável pelo incremento de oxigênio na água, sendo a Lagoa Vermelha a que mais contribuiu para a distribuição desses organismos (Figura 3). As ordens Ephemeroptera e Trichoptera são particularmente importantes indicadoras de qualidade da água. Devido ao fato de essas ordens serem particularmente sensíveis à poluição, possuem alta sensibilidade às alterações nas estruturas físicas e na qualidade da água, são amplamente utilizadas em programas de biomonitoramento (SPIES, 2009; SHIMANO *et al.*, 2010).

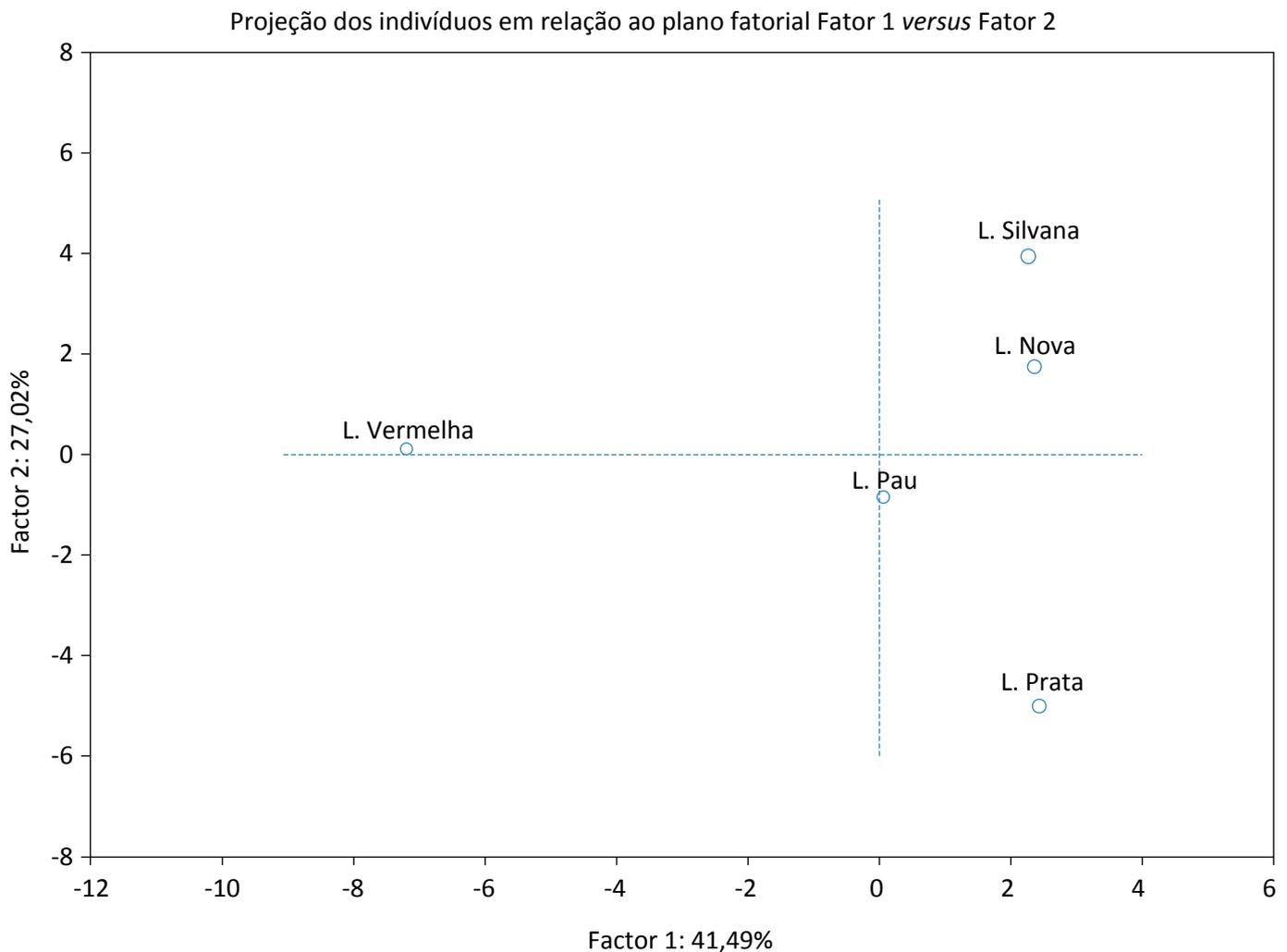


Figura 3 - Distribuição da nuvem de pontos referente à área de ocorrência dos organismos nas respectivas lagoas.

As Lagoas Silvana, Nova e da Prata foram as que mais contribuíram para explicar o Fator 2, influenciado pela variável complementar (NMP de coliformes termotolerantes). Além disso, como visto na Tabela 2, essas lagoas são as que possuem maior área superficial, característica que parece estar diretamente relacionada à influência da variável complementar (precipitação), explicando o Fator 2 da ACP. A componente formada a partir do Fator 2 está relacionada à distribuição dos organismos mais tolerantes (Figura 3), representados pelos táxons: Ancyliidae, Culicidae, Notonectidae, Gerridae, Palaemonidae, Planorbidae, Candoniidae, Hydracarinae, Baetidae, Belostomatidae, Lymnaei-

dae, Psauridae, Bithyniidae, Aeshinidae e Chironomidae (Figura 2). Desses grupos, a família Chironomidae demonstra grande influência na caracterização desse fator. De acordo com Moraes *et al.* (2010), as comunidades de Chironomídeos podem ser usadas em estudos de avaliação de ambientes aquáticos em programas de biomonitoramento, devido à capacidade adaptativa desses organismos em ambientes pobres em oxigênio. Portanto, a presença de indivíduos da família Chironomidae em todas as lagoas corrobora o indicativo de impacto, sobretudo nas Lagoas Vermelha e da Prata, dada a sua abundância em relação à maioria dos macroinvertebrados.

CONCLUSÃO

Conforme resultados obtidos, nota-se que as lagoas da coleção hídrica estudada apresentam-se fortemente impactadas em circunstâncias que as diferem em relação à origem do impacto. Dos resultados obtidos a partir dos três índices testados, BMWP, ASPT e IBF, todas as lagoas apresentaram algum tipo de impacto.

A Lagoa Nova, mesmo apresentando resultado negativo para *E. coli*, está contaminada por coliformes totais e apresentou elevado índice no potencial de redução, baixa diversidade e evidência de alta taxa de contaminação por poluição orgânica. Associando os resultados obtidos pelos índices BMWP, ASPT e IBF às qualidades físicas e químicas e à presença das famílias Chironomidae e Oligochaeta, a Lagoa Nova pode ser caracterizada como ambiente ameaçado.

Na Lagoa Silvana detectaram-se evidência de contaminação por coliformes e impactos moderados; contudo, os níveis de contaminação são minimizados pela autodepuração, devido ao grande volume d'água e à extensa área dessa lagoa, proporcionando, também, maior diluição de agentes contaminantes.

A Lagoa Vermelha se destaca por baixa taxa de OD, contaminação por *E. coli* e elevado potencial de redução, devido a alta taxa de contaminação por sedimentos oriundos das margens. Contudo, a disponibilidade de *habitat* e recursos, demonstrada pela elevada abundância e diversidade de organismos e pela baixa

condutividade, reflete um menor incremento de esgoto, reduzindo a vulnerabilidade ambiental desse corpo hídrico.

A Lagoa da Prata foi o ambiente de maior abundância de indivíduos da família Planorbidae, o que torna esse fato preocupante quanto ao risco de disseminação da esquistossomose, uma grave doença parasitária causada por vermes trematódeos que têm como hospedeiro intermediário os moluscos dessa família, que podem ser infectados por larvas advindas de ovos expelidos nas fezes humanas. Salientando que a contaminação por coliformes termotolerantes como *E. coli*, oriundos de fezes humanas, foi positiva para essa lagoa.

Embora a Lagoa do Pau tenha apresentado alta diversidade e elevadas taxas de OD, a contaminação por coliformes termotolerantes, a qualidade questionável da água e a presença de Planorbídeos, associado à ausência de vegetação ripária, indicam alta vulnerabilidade desse ambiente, uma vez que, assim como a Lagoa da Prata, a alta taxa de OD e a disponibilidade de recursos alóctone parecem proporcionar uma maior diversidade de habitats.

Portanto, a saúde ambiental das lagoas estudadas e as condições para balneabilidade estão comprometidas e carecem de atenção de políticas públicas voltadas para a conservação e manutenção do equilíbrio ambiental para essa região do Médio Rio Doce.

REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 9898*: preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. *Água, fatos e tendências*. 2ª ed. Brasília: ANA; CEBDS, 2009. 36p.
- APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. *Standard methods of examination of water and wastewater*. 21ª ed. Washington D.C.: APHA, 2005. 115p.
- ARMITAGE, P. D.; MOSS, D.; WRIGHT, J. F.; FURSE, M. T. The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. *Water Research*, v. 17, n. 3, p. 333-347, 1983.
- BORROR, D. J.; DELONG, D. M. *Introdução ao estudo dos insetos*. 1ª ed. São Paulo: Ed. Edgard Blucher Ltda., 1988. 653 p.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. *Lei n. 9.433*: Política Nacional de Recursos Hídricos. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, 1997. 72 p.
- BRASIL. *Resolução CONAMA nº 274*, de 29 de Novembro de 2000. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. 5 p. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res00/res27400.html>>. Acesso em: 02 abr. 2014.
- BRIGANTE, J.; DORNFELD, C.B.; NOVELLI, A.; MORRAYE, M.A Comunidade de macroinvertebrados bentônicos no rio Mogi-Guaçu. In: BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E.L.G. (Eds.). *Limnologia fluvial: um estudo no rio Mogi-Guaçu*. São Carlos: RiMa Editora, 2003. p. 182-187.
- COPASA – COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS. Diretoria Integrada de Meio Ambiente. Sistema de Proteção de Mananciais. Divisão de Recursos Hídricos. Ipatinga: COPASA, 2008.
- DAVIS, W. S.; SIMON, T. P. *Biological Assessment and Criteria: tools for water resource planning and decision making*. Londres: Lewis Publishers, 1995. 168p.
- EPA – ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Techniques for tracking, evaluating, and reporting the implementation of nonpoint source control measures – Forestry. Washington, D.C.: Office of Water, 1997. 60p. (EPA 841- B-97-009).
- GE-PATH 1.4.5. *Windows: freeware*. 2012. Software. Disponível em: <http://www.sgrillo.net/googleearth/gepath_port.html>. Acesso em: 15 out. 2012.
- GOOGLE. *Google Earth*. Version Digital Globe. CNES/Astrium. 2016. Nota (Coleção hídrica no médio Rio Doce). Disponível em: <<http://www.google.com/earth/download/ge/agree.html>>. Acesso em: 01 abr. 2016.
- HELLER, J.; DOLEV, A.; ZOHARY, T.; GAL, G. Invasion dynamics of the snail *Pseudoplusia scabra* in Lake Kinneret. *Biological Invasions*, v. 16, p. 7-12, 2014.
- JOHNSON, N. F.; TRIPLEHORN, C. A. *Borrór and Delong's introduction to the study of insects*. 7th ed. Belmont, CA: Brooks Cole, 2004.
- JUNQUEIRA, M. V.; AMARANTE, M. C.; DIAS, C. F. S.; FRANÇA, E. S. Biomonitoramento da qualidade das águas da Bacia do Alto Rio das Velhas (MG/Brasil) através de macroinvertebrados. *Acta Limnológica Brasiliensia*, v. 12, p. 73-87, 2000.
- KAMADA, M. D. L.; LUCA, G. M.; LUCA, J. V. Utilização dos macroinvertebrados bentônicos como indicadores da qualidade da água no Córrego Retiro Saudoso, em Ribeirão Preto – SP. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista, VIII Fórum Ambiental da Alta Paulista*, v. 8, n. 2, 2012.

MACAN, T. T. *Guia de animais invertebrados de água doce*. Pamplona: Eunsa, 1977. 118 p.

McCAFFERTY, W. P. *Aquatic Entomology: The Fishermen's Guide and Ecologists' Illustrated Guide to Insects and Their Relatives (Crosscurrents) (Crosscurrents)* by (Paperback - Jan 1, 1983). 1st ed. Toronto: Jones and Bartlett Publishers, Inc., 1983. 448 p.

McDONALD, L.H.; CARMICHAEL, C.T. Monitoring the effects of forestry on streams: variable selection and the development of an expert system. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 40, p. 55-73, 1996.

MORAIS, S. S.; MOLOZZI, J.; VIANA, A. L.; VIANA, T. H.; CALLISTO, M. Diversity of larvae of littoral *Chironomidae* (Diptera: Insecta) and their role as bioindicators in urban reservoirs of different trophic levels. *Brazilian Journal of Biology*, v. 70, n. 4, p. 995-1004, 2010.

PEREIRA, D.; DE LUCA, S. J. Benthic macroinvertebrates and the quality of the hydric resources in Maratá Creek basin (Rio Grande do Sul, Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia*, p. 57-68, 2003.

RAMOS, R. C. *Estudo da composição taxonômica e da densidade de macroinvertebrados bentônicos no sistema de lagoas naturais do Vale do Médio Rio Doce (MG), com ênfase na espécie de molusco exótica *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774)*. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2008.

RIGHI-CAVALLARO, K. O.; SPIES, M. R.; SIEGLOCH, A. E. Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera assemblages in Miranda River basin, Mato Grosso do Sul State, Brazil. *Biota Neotropica*, Campinas, v. 10, n. 2, p. 253-260, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1676-06032010000200028&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 19 abr. 2016.

ROCHA, C. H. B.; PEREIRA, A. M. Análise multivariada para seleção de parâmetros de monitoramento em manancial de Juiz de Fora, Minas Gerais. *Revista Ambiente & Água*, Taubaté, v. 11, n. 1, p. 176-187, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-993X2016000100176&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 03 abr. 2016.

SABARÁ, M. G.; BARBOSA, F. A. R. Taxas de sedimentação e assoreamento de dois lagos naturais em áreas de floresta tropical secundária e plantios de *Eucalyptus* spp. *Geo.br (Ouro Preto)*, v. 5, p. 1-14, 2007.

SHIMANO, Y.; CABETTE, H. S. R.; SALLES, F. F.; JUEN, L. Composição e distribuição da fauna de Ephemeroptera (Insecta) em área de transição Cerrado-Amazônia, Brasil. *Iheringia, Série Zoologia*, v. 100, n. 4, 2010.

SILVA, F. H.; FÁVERO, S.; SABINO, J.; GARNÉS, S. J. A. Índices bióticos para avaliação da qualidade ambiental em trechos do rio Correntoso, Pantanal do Negro, Estado do Mato Grosso do Sul, Brasil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, Maringá, v. 33, n. 3, p. 289-299, 2011.

SINGH, N.; SHARMA, R. Some Important Attributes Which Regulates The Life Of Macro-Invertebrates: A Review. *International Journal of Recent Scientific Research*, v. 5, n. 2, p. 357-361, 2014.

SPIES, M. R. Estrutura das comunidades de larvas de Trichoptera Kirby, 1813. (Insecta) em riachos do Parque Estadual de Campos do Jordã. Tese (Doutorado em Ciências: Entomologia) – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da USP São Paulo, Ribeirão Preto, 2009.

TANIWAKI, R. H.; SMITH, W. S. Utilização de macroinvertebrados bentônicos no biomonitoramento de atividades antrópicas na bacia de drenagem do Reservatório de Itupararanga, Votorantim – SP, Brasil. *Ciências Biológicas/Biological Sciences. Journal of the Health Sciences Institute*, v. 29, n. 1, p. 7-10, 2011.

TATE, C. M.; HEINY, J. S. The ordination of benthic invertebrate communities in the South Platte River Basin in relation to environmental factors. *Freshwater Biology*, v. 33, n. 3, p. 439-454, 1995.

TUNDISI, J. G. Climate. In: TUNDISI, J. G. & SAIJO, Y. (Eds.). *Limnological Studies on the Rio Doce Valley Lakes, Brazil*. São Paulo: Brazilian Academy of Sciences, 1997. 513 p.

WHITFIELD, J. Vital signs. *Nature*, v. 411, n. 28, p. 989 -990, 2001.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Guidelines for safe recreational environments Volume 1, Coastal and Fresh Waters*. Geneva: World Health Organization, 2003.

ZIMMERMAN, M. C. The use of the biotic index as indication of water quality. In: WORKSHOP/CONFERENCE OF THE ASSOCIATION FOR BIOLOGY LABORATORY EDUCATION (ABLE), 5., 1993, Pennsylvania. *Proceedings...* Pennsylvania: ABLE. 1993. v. 5. p. 85-98.

CAPACIDADE INSTITUCIONAL PARA GOVERNANÇA DE RISCO NO INTERFLÚVIO PURUS-MADEIRA (AMAZONAS)

INSTITUTIONAL CAPACITY FOR GOVERNANCE RISK IN INTERFLUVE PURUS-MADEIRA (AMAZONAS)

Francimara Souza da Costa

Professora Adjunta da Universidade Federal do Amazonas (UFAM) – Manaus (AM), Brasil.

Nirvia Ravena

Professora Adjunta da Universidade Federal do Pará (UFPA) – Belém (PA), Brasil.

Rômulo Magalhães de Souza

Consultor da Organização do Tratado de Cooperação amazônica (OTCA) – Belém (PA), Brasil.

Endereço para correspondência:

Francimara Souza da Costa – Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Amazonas – Avenida Rodrigo Otávio Jordão, 3000 – Coroado – Manaus (AM), Brasil – E-mail: francimaracosta@yahoo.com.br

RESUMO

Este artigo apresenta uma análise da capacidade institucional para o planejamento e a implementação das políticas relacionadas às ações da defesa civil e à governança de risco em municípios localizados no Interflúvio Purus-Madeira, no Estado do Amazonas, visando oferecer subsídios para a elaboração de estratégias concernentes à prevenção e à mitigação de situações de risco de desastres. Os dados coletados foram analisados a partir do método *Institutional Analysis and Development (IAD) Framework*, de Elinor Ostrom. Os resultados apontam que os mecanismos institucionais existentes para governança de risco no Amazonas são ainda incipientes, destacando a necessidade de um maior diálogo sobre a qualidade de formulação de políticas voltadas ao enfrentamento dos riscos, maior participação da sociedade nos processos decisórios e o fortalecimento da interação entre as instituições formais para processos de cooperação que representem, de fato, os interesses sociais e a minimização dos riscos iminentes da mudança climática.

Palavras-chave: governança de risco; capacidade institucional; mudanças climáticas.

ABSTRACT

This article presents an analysis of the institutional capacity for planning and implementation of policies related to the actions of civil defense and risk governance in municipalities in the Purus-Madeira Interfluve in the Amazonas State, Brazil, in order to offer subsidies for developing strategies regarding the prevention and mitigating situations of natural disaster risks. The collected data were analyzed from the Institutional Analysis and Development (IAD) Framework Elinor Ostrom method. The results show that existing institutional mechanisms for risk governance in the Amazon are still incipient, highlighting the need for greater dialogue about the quality of policy formulation aimed at addressing the risks, greater participation of society in decision-making processes and the strengthening of the interaction between formal institutions for cooperative processes that actually represents the corporate interests and the minimization of the imminent risks of climate change.

Keywords: governance of risk; institutional capacity; climate change.

INTRODUÇÃO

Este artigo apresenta uma análise da capacidade institucional do poder público, das organizações formais e da sociedade civil para o planejamento e a implementação das políticas brasileiras relacionadas às ações da defesa civil e à governança de risco. São apresentados indicadores que avaliam os recursos existentes nos municípios para elaboração de estratégias de prevenção e mitigação de situação de risco de ocorrência de eventos climáticos extremos.

A melhoria da capacidade institucional dos municípios é um instrumento previsto na Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), que propõe medidas de prevenção, respostas e adaptação aos efeitos das transformações naturais e sociais provocadas pela mudança do clima. Os indicadores apresentados podem ser utilizados como ferramenta de análise da capacidade institucional dos municípios localizados em áreas de risco de “secas e cheias” extremas, como é o caso do Interflúvio Purus-Madeira no Amazonas, demonstrando relevantes fatores a serem considerados pelos planejadores da gestão pública.

A região analisada representa um *locus* importante para estudos dos impactos das mudanças climáticas

sobre a ocorrência de eventos extremos. A dinâmica hídrica da região amazônica determina o cenário de reprodução social e econômica das famílias que habitam em áreas de florestas, revezando-se em biomas de várzea, terra firme e praias, de acordo com as variações sazonais de seus rios (RAVENA, 2012). Durante o período chuvoso, grandes extensões de terra são alagadas, o que estimula as populações residentes a adaptarem seu modo de vida. Essas adaptações, especialmente relacionadas às moradias e às estratégias de uso dos recursos, passam a ser incorporadas paulatinamente aos hábitos locais como resposta às novas conjunturas socioambientais.

Essa realidade sazonal e cada vez mais atípica com relação aos extremos do clima suscita a necessidade de adoção de um conjunto de medidas para redução das vulnerabilidades sociais e ambientais, bem como requer a elaboração de estratégias mitigadoras e adaptativas adequadas a essas áreas. Para respaldar as tomadas de decisão no processo de construção dessas ações, a produção do conhecimento demanda um novo caminho, considerando-se as diferentes realidades e os atores envolvidos.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em 2014, tendo como área de pesquisa 7 municípios localizados no Interflúvio Purus-Madeira, no Estado do Amazonas, sendo eles: Beruri (18.171 habitantes), Tapauá (18.152 habitantes), Lábrea (43.263 habitantes), Canutama (15.130 habitantes), Humaitá (51.302 habitantes), Pauini (19.378 habitantes) e Boca do Acre (33.498 habitantes) (IBGE, 2015), como mostra a Figura 1.

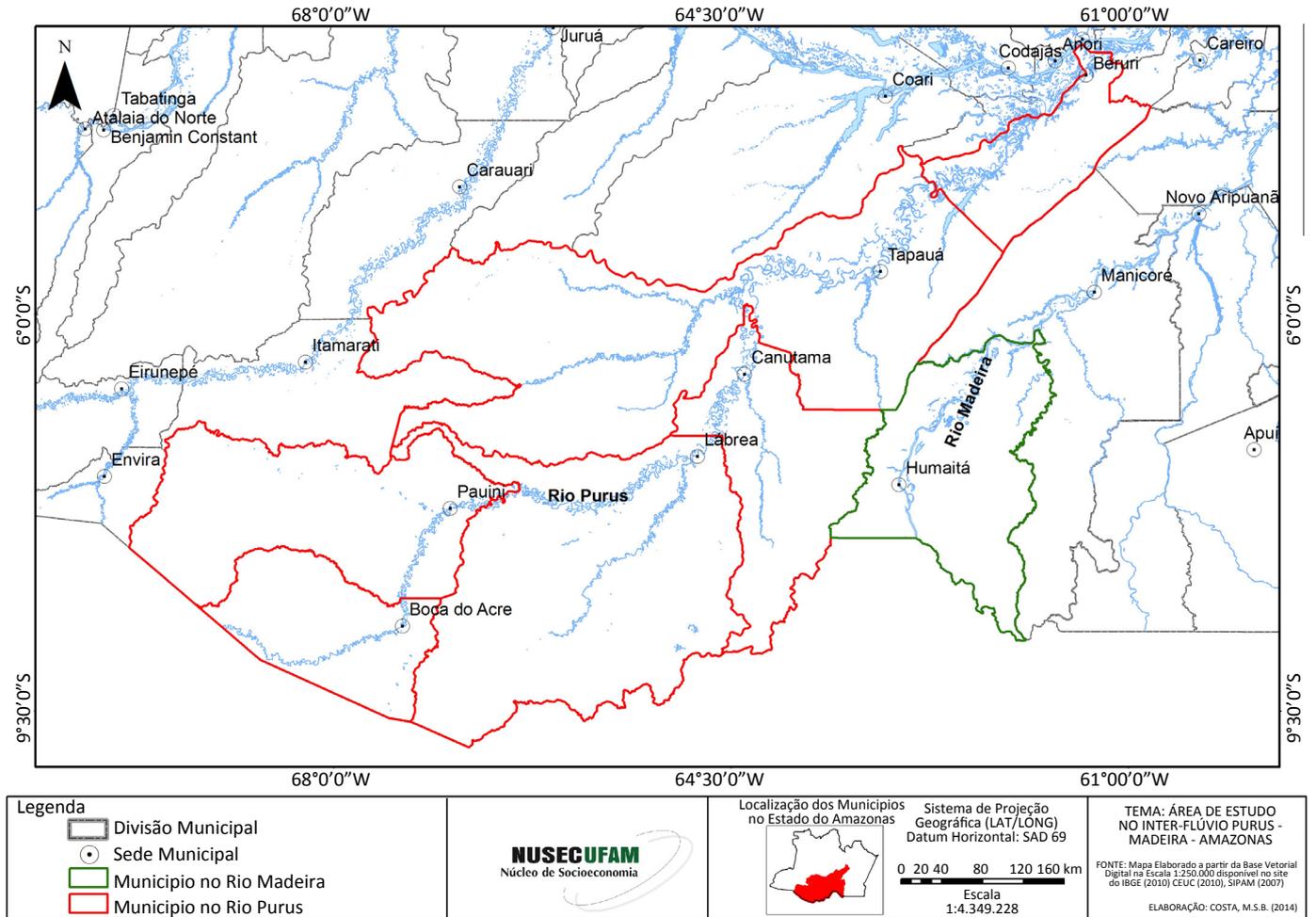
As informações foram coletadas por meio da aplicação de formulários estruturados com os coordenadores municipais da defesa civil, da realização de *workshops* com a participação dos coordenadores municipais e representantes da sociedade civil afetados por eventos de secas e cheias extremas, da análise de documentos em órgãos governamentais envolvidos com a gestão da água e a defesa civil nos municípios e da análise dos planos diretores dos municípios.

As questões abordadas referem-se à disponibilidade de recursos humanos, físicos e financeiros, bem como

aos instrumentos de gestão existentes nos municípios, que poderão ser utilizados em planos de governança de risco para prevenção de eventos climáticos extremos (cheias e secas) e adaptação à sua ocorrência.

Os dados coletados foram analisados a partir do método *Institutional Analysis and Development (IAD) Framework*, criado por Elinor Ostrom (OSTROM, 2005). Esse IAD constitui-se em uma estratégia de análise qualitativa, sendo associado, neste trabalho, à análise quantitativa. Tem como unidade de análise a arena de ação, cujo desenho é apresentado pela identificação das variáveis influenciadoras, dos atores envolvidos e dos processos de decisão, conforme apresenta a Figura 2.

A arena de ação analisada focou nas relações e nos recursos envolvidos nos processos de gestão e regulação da água nos municípios, uma vez que os eventos climáticos extremos nessa região ocorrem principalmente em função das secas e cheias extremas dos Rios Madeira e Purus. As variáveis consideradas como influen-



Fonte: CEUC (2010) e CENSIPAM (2014). Elaborado por Costa & Ravena (2014).

Figura 1 – Área de estudo.

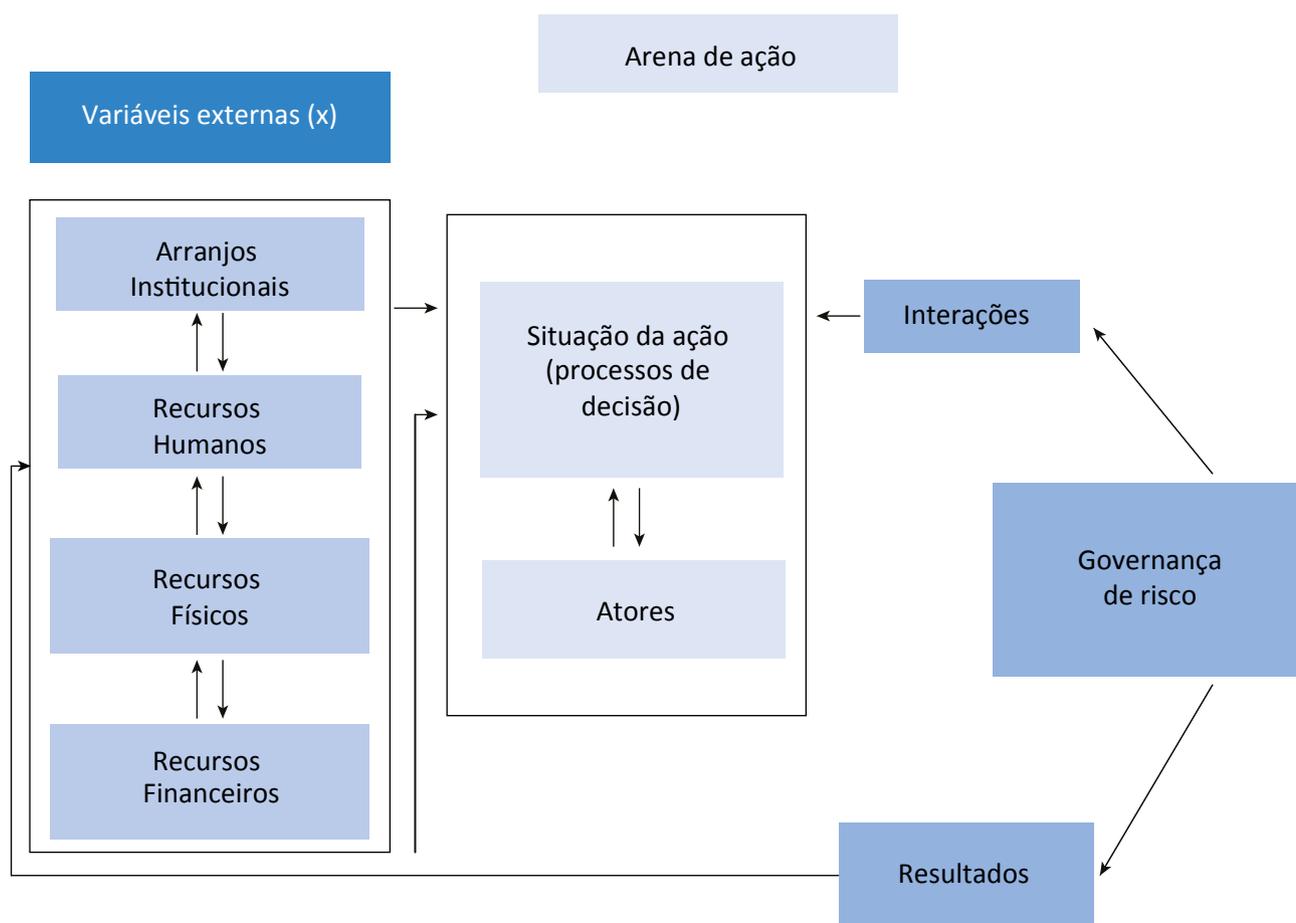
ciadoras foram: o número de instituições envolvidas e a estrutura das relações de apoio existentes em torno das ações da defesa civil, julgando-se essa arena como

representativa para avaliação da capacidade institucional dos municípios no que concerne à execução futura de planos de governança de risco.

CAPACIDADE INSTITUCIONAL E GOVERNANÇA DE RISCO

De acordo com Capacity. Org (2003), “capacidade institucional” diz respeito ao estabelecimento de regras adequadas ao funcionamento de organizações para o alcance de objetivos previamente definidos, a realização de tarefas, o cumprimento de metas e a adaptação constante ao surgimento de problemas e ao enfrentamento de desafios. O termo “capacidade” é considerado, neste trabalho, segundo o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), que conceitua capacidade como “a habilidade de indivíduos, instituições e sociedades para desempenhar

funções, solucionar problemas, definir e alcançar metas de forma sustentável” (PNUD, 2002 *apud* SAGI, 2009, p. 54). Envolve as capacidades de planejamento e implementação de políticas e de administração e gestão de processos, negócios ou recursos. Desse modo, a análise da capacidade institucional avalia a situação do conjunto de habilidades existente em uma determinada instituição para gerenciar ou prover o atendimento das necessidades da população, ou ainda solucionar os problemas enfrentados pela sociedade (SAGI, 2009).



Fonte: adaptado de Ostrom (2005).

Figura 2 – Institutional Analysis and Development Framework para análise da capacidade institucional.

O Banco Mundial (2004) apresenta quatro disposições necessárias às instituições para adquirir capacidade institucional, quais sejam: a capacidade de identificar problemas ou caminhos, o ato de chegar ao equilíbrio dos interesses, a implementação de políticas e a adaptação aos processos. Esses critérios podem ser utilizados então como avaliativos do nível de capacidade das instituições.

Além da avaliação da capacidade institucional no âmbito interno, é importante uma análise integrada da relação da organização com outras instituições e com o contexto no qual está inserida e atua, ou seja, estabelecer uma visão holística de suas ações. A visão holística da capacidade institucional relaciona-se à observação de sua interação com os indivíduos, as demais organizações com as quais se relaciona (influencia e é

influenciada), as formas de governança pública e sua atuação no contexto social (normas, valores e práticas) (SAGI, 2009).

Nesse sentido, insere-se a necessidade do estabelecimento de sistemas de governança capazes de desenvolver ações integradas nos diferentes níveis (local, regional, nacional e internacional), incorporando todos os atores e os múltiplos interesses envolvidos no sistema. A Comissão para a Governança Global, criada para evidenciar estratégias para o estabelecimento de uma comunidade global, refere-se à governança como:

totalidade das diversas maneiras pelas quais os indivíduos e as instituições públicas e privadas administram seus problemas comuns. É um processo contínuo pelo qual é possível acomodar interesses conflitantes ou diferentes e realizar ações cooperativas. Governança diz respeito não apenas a instituições e regimes for-

mais autorizados para impor obediência, mas também a acordos informais que atendam os interesses das pessoas e instituições. (NOSSA COMUNIDADE GLOBAL, 1996 *apud* SILVA, 2007, p. 02)

Para Silva (2007), a base para o estabelecimento de uma governança global direcionada a minimizar os problemas ocasionados pelas mudanças climáticas deve ser o “princípio da precaução”, e não o “princípio da prevenção”. No Direito Ambiental, o “princípio da prevenção” define que as ações devem ser realizadas para evitar ou reduzir danos ambientais previstos somente quando há evidências científicas suficientes, enquanto o “princípio da precaução” trabalha com incertezas, ou seja, as medidas devem ser tomadas sem a necessidade de evidências científicas comprobatórias, podendo ser baseadas em indicativos empíricos. Assim, as ações políticas devem voltar-se aos riscos que permeiam as incertezas do presente e do futuro da biosfera agindo preventivamente, sem a necessidade de constatações científicas suficientes.

Para Ferreira *et al.* (2010), um dos principais gargalos para o estabelecimento de estratégias de governança de risco de mudanças climáticas é a deficiência de políticas nacionais e internacionais que promovam a interação e a regulação entre nações e grandes empresas, destacando-se as questões socioambientais. Dessa forma, a capacitação institucional para governança de risco necessita de um gerenciamento compartilhado, em que as instituições precisam adequar-se à realidade das mudanças climáticas, centrando-se na gestão participativa, democrática, transparente e realizada a partir de parcerias institucionais, com a inclusão direta dos principais afetados nos riscos de desastres: o homem e a natureza. O homem pode participar do planejamento e da execução das ações preventivas, de adaptação e resposta, enquanto a natureza, quando conservada, realiza seu papel no oferecimento de recursos.

O desafio para a capacitação institucional destinada à governança de risco exige a construção de ferramentas que integrem tanto a gestão de risco quanto a adaptação às mudanças climáticas. De acordo com a Estratégia Internacional para Redução de Desastres da Organização das Nações Unidas (EIRD/ONU), a adaptação às mudanças climáticas pode ser compreendida como o ajustamento da conduta humana ou dos sistemas naturais às modificações ou novos eventos relacionados ao clima (EIRD/ONU, 2009).

A gestão de risco refere-se aos esforços para redução do risco de desastres no âmbito do planejamento do desenvolvimento. Essa abordagem surgiu, a partir de 1998, no contexto dos danos provocados pelo furacão Mitch, que afetou Honduras, Nicarágua, El Salvador, Guatemala, sul da Flórida, com um prejuízo em torno de 6 bilhões de dólares e a morte de cerca de 18 mil pessoas. A partir desse evento, as reflexões voltaram-se também para o papel do desenvolvimento na mudança climática e como seu impacto poderia ser evitado ou reduzido (CAD, 2013).

No Brasil, a gestão de risco encontra uma importante limitação devido ao excesso de burocracia para o reconhecimento federal da situação de emergência ou do estado de calamidade pública, requisito básico para o reconhecimento dos desastres e também para a liberação do auxílio complementar do governo federal destinado às ações de mitigação dos danos. Os municípios afetados por desastres necessitam seguir o passo a passo dos trâmites legais para que os desastres sejam oficializados, mas nem sempre possuem condições e tempo hábil para o cumprimento das etapas exigidas na Instrução Normativa nº 01, de 24 de agosto de 2012, do Ministério da Integração Nacional, quais sejam: envio de requerimento de reconhecimento ao ministério, acompanhado do decreto municipal ou estadual; preenchimento de formulário de informações do desastre (FIDE), declaração municipal (ou estadual) de atuação emergencial (DMATE ou DEATE) descrevendo a capacidade de recursos locais para as ações emergenciais; parecer local fundamentando a necessidade de reconhecimento federal; relatório fotográfico; e outros registros. O cumprimento dessas etapas é dificultado ainda mais em municípios distantes das capitais, uma vez que o sistema de comunicação é limitado, como é o caso de diversas cidades da Região Amazônica. Somente por meio desses passos o desastre pode ser reconhecido na esfera federal.

Essas exigências burocráticas geram lentidão no atendimento das necessidades da população afetada, além de dificultar a comunicação entre municípios, Estados e governo federal, evidenciando as vulnerabilidades institucionais do Estado para uma atuação eficaz na prevenção e nas respostas aos desastres ambientais (VALENCIO & VALENCIO, 2010).

Vincent Ostrom apresentou uma perspectiva de estudo das burocracias com o foco voltado para a compreensão de qual desenho institucional seria mais apropriado

ao interesse público. Com base na escolha racional e na filosofia normativa, o autor buscou demonstrar que os pressupostos clássicos da administração pública, como centralização e hierarquia, não se constituem em formas eficientes para a condução de órgãos prestadores de serviços públicos. Suas prescrições indicam a escolha de mecanismos descentralizados e fragmentados de jurisdição política como elementos que potencializam a eficiência.

Um desdobramento dessa perspectiva aparece na obra de Elinor Ostrom (1990), que sugere arranjos policêntricos para o manejo de recursos naturais, associando-os ao tratamento das questões climáticas (OSTROM, 1990). Tais arranjos estressam ao máximo a capacidade de manter um nível aceitável de coesão institucional, com elevados graus de descentralização

e fragmentação de políticas. No Brasil, essa abordagem de ações públicas descentralizadas está inserida na PNPDEC. No entanto, há contradição nos pressupostos normativos do arcabouço institucional em que deve ser operada, visto que são descentralizados, mas o arcabouço institucional é altamente centralizado.

Para uma governança de risco que atenda às necessidades dos municípios em situação de vulnerabilidade no Brasil, faz-se necessária a inclusão de todos os envolvidos e atingidos na ocorrência de eventos extremos, uma vez que a vulnerabilidade e as situações de risco são resultantes de situações sociais específicas, e o risco é aumentado quanto maior for a incapacidade estrutural para o enfrentamento das situações adversas (RENN, 2005; ABDULA & TAELA, 2005).

ARRANJOS INSTITUCIONAIS NO INTERFLÚVIO PURUS-MADEIRA PARA GOVERNANÇA DE RISCO

Por arranjo institucional compreende-se a estrutura de relações existentes entre as instituições formais e informais, componentes da arena formada em torno da gestão e regulação da água e das ações da defesa civil tanto no que se refere à prevenção quanto à assistência. Essa compreensão decorre dos postulados de North (1990), entendendo que as instituições facilitam as relações entre os indivíduos, resultando na maior eficiência dos objetivos comuns traçados.

Por sua vez, instituições são organizações ou dispositivos sociais que regulam o funcionamento da sociedade e, portanto, dos indivíduos, a partir de regras, valores e normas (NORTH, 1990; LEVI, 1991). As instituições são então estruturas executoras das ações planejadas pelo Estado para ordenar a ação coletiva. Para tanto, a efetividade institucional depende de sua adequação ao sistema social e econômico em que estão inseridas e sua adaptação aos aspectos culturais (valores e crenças) da sociedade correspondente (BRESSER-PEREIRA, 2004).

O estudo dos arranjos institucionais é um importante mecanismo para identificar os níveis de interação entre esferas públicas, privadas e comunitárias, que coadunam na arena dos processos de gestão e regulação da água, representando este último o resultado de acordos estabelecidos nos interesses existentes nas lógicas coletivas. As instituições que regulam a governança de risco voltada ao uso dos recursos hídricos são arenas

de ação coletiva movidas por racionalidades e comportamentos distintos, sendo necessária, portanto, a identificação das arenas institucionais (estruturas e relações), em que os diferentes interesses e as demandas são conhecidos, subsidiando-se, assim, mecanismos regulatórios e de gestão mais aproximados das realidades amazônicas (RAVENA, 2012).

Segundo Ravena (2012):

As instituições que regulam a ação humana sobre o meio ambiente são os *loci* onde várias lógicas de ação coletiva interagem, promovendo resultados diferenciados, na medida em que estratégias de ação dessas instituições seguem *rationales* distintas. A padronização de comportamentos por meio dos arcabouços institucionais, depende, fundamentalmente, do escopo dessas instituições e da interação que elas estabelecem entre si e entre as demais, promovendo resultados regulatórios distintos (RAVENA, 2012, p. 51).

Dessa forma, o conhecimento sobre as formas de interação entre as instituições envolvidas em uma determinada arena de ação evidencia caminhos mais eficientes para a elaboração de regulações capazes de contemplar os interesses humanos e institucionais e contribuir para a conservação dos recursos naturais.

O Quadro 1 apresenta as instituições que apoiam diretamente as coordenadorias municipais, a natureza da instituição e as relações estabelecidas entre as instituições.

Quadro 1 – Arranjos institucionais dos municípios para a gestão e regulação das águas.

Município	Instituição	Natureza da instituição	Tipo de apoio
Beruri	Sec. de Assistência Social	Municipal	Cadastro das famílias afetadas
	Sec. de Educação	Municipal	Monitoramento dos abrigos nas escolas
	Sec. de Saúde	Municipal	Atendimento médico e odontológico aos desabrigados
	IDAM	Estadual	Cadastro e remoção das famílias desabrigadas
Canutama	Sec. de Assistência Social	Municipal	Cadastro e acompanhamento das famílias desabrigadas, assistência psicológica
	Sec. de Obras	Municipal	Apoio no transporte – remoção das famílias e reformas
	Sec. de Esportes	Municipal	Auxilia na comunicação
	Sec. de Educação	Municipal	Coordena os abrigos nas escolas e a remoção das famílias
	Sec. de Saúde	Municipal	Palestras sobre doenças e distribuição de sopa
	Secretaria de Comunicação	Municipal	Divulgação das informações
	Sec. de Produção	Municipal	Cadastro e remoção das famílias desabrigadas
Tapauá	SEMAB	Municipal	Pessoal e equipamento
	Sec. de Assistência Social	Municipal	Cadastro das famílias necessitadas
	Sec. de Transporte	Municipal	Transporte
	Guarda Municipal	Municipal	Segurança e organização (filas)
	Polícia Militar	Municipal	Resgate de feridos
Lábrea	ICMBIO	Federal	Transporte
	FUNAI	Federal	Transporte
	SESAI	Estadual	Transporte
	SEMED	Municipal	Recursos humanos e insumos (material de expediente)
Humaitá	54º BIS	Federal	Apoio logístico (transporte e abrigos)
	COHASB	Privada	Abastecimento de água
	IDAM	Estadual	Cadastro e remoção das famílias desabrigadas
	Diocese	Religiosa	Apoio nos abrigos (distribuição de suprimentos)
	Marinha do Brasil	Federal	Resgate das famílias afetadas

Continua...

Quadro 1 – Continuação.

Município	Instituição	Natureza da instituição	Tipo de apoio
Pauini	Secretaria Municipal de Obras, Transporte e Serviços Urbanos	Municipal	Reconstrução dos espaços e moradias destruídos pelas enchentes
	Departamento Municipal de Saneamento – DEMSA	Municipal	Reconstrução dos espaços e moradias destruídos pelas enchentes
	Secretaria de Produção e Abastecimento	Municipal	Pessoal e equipamento
	Sec. Municipal do Meio Ambiente e Turismo	Municipal	Resgate e controle das famílias
Boca do Acre	Guarda Municipal	Municipal	Resgate das famílias afetadas
	Sec. de Saúde	Municipal	Atendimento médico aos desabrigados
	Sec. de Assistência Social	Municipal	Assistência humanitária (distribuição de suprimentos)
	ICMBIO	Federal	Resgate das famílias afetadas

IDAM: Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do Estado do Amazonas; SEMAB: Secretaria Municipal Abastecimento; IMCBIO: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade; FUNAI: Fundação Nacional do Índio; SESAI: Secretaria Especial de Saúde Indígena; SEMED: Secretaria Municipal de Educação; 54º BIS: 54º Batalhão de Infantaria de Selva; COHASB: Companhia Humaitense de Águas e Saneamento Básico; IDAM: Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do Estado do Amazonas.

As informações observadas no Quadro 1 indicam que as Coordenadorias Municipais de Defesa Civil estabelecem parcerias com outras instituições, prioritariamente nas ações de assistência às famílias desabrigadas em casos de eventos extremos. Não foram identificadas ações de parcerias para ações preventivas nos municípios; entretanto, foram observadas iniciativas interinstitucionais da Secretaria Estadual, na realização da 1ª Conferência Estadual de Proteção e Defesa, ocorrida em março de 2014 em Manaus, com participação de coordenadores municipais e outras entidades governamentais do Estado.

Além disso, o Sistema de Proteção da Amazônia (SIPAM) e a Coordenadoria Estadual da Defesa Civil (CEDEC) uniram esforços para viabilizar um novo mecanismo de proteção em situações de emergência e estado de calamidade pública. O SIPAM disponibilizou sua rede de telecomunicações via satélite ao Comando da Defesa Civil em Manaus, permitindo sua interli-

gação permanente com as Coordenadorias Municipais de Defesa Civil. Segundo o SIPAM, isso permitirá o repasse imediato de informações sobre situações de catástrofe ou de perigo para a população e orientações sobre medidas de prevenção a serem adotadas (CENSIPAM, 2014).

Como pode ser observado no Quadro 1, nos municípios amazonenses do Interflúvio Purus-Madeira, as relações institucionais são estabelecidas principalmente com órgãos governamentais da esfera municipal (69,69%), especialmente as Secretarias de Assistência Social, de Educação, de Saúde, de Obras, de Esporte, de Comunicação, de Produção e de Abastecimento. No âmbito municipal é observado também o apoio da Guarda Municipal.

Em relação ao apoio de órgãos estaduais, foi citada apenas a parceria com o Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do Estado do Amazonas (IDAM), em Beruri e Tapauá. O IDAM é o ór-

ção estadual responsável pela prestação de serviços de assistência técnica aos produtores rurais.

No âmbito federal foi citado o apoio do Exército (54^º Bis) e da Marinha do Brasil, em Humaitá, e do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), em Boca do Acre. O ICMBio é uma autarquia vinculada ao Ministério do Meio Ambiente, integrante do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), responsável por executar as ações do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) na implantação, gestão e fiscalização de Unidades de Conservação instituídas pela União.

O apoio de empresas privadas foi identificado apenas em Humaitá, pela Companhia Humaitaense de Águas e Saneamento Básico (COHASB), responsável pelo abastecimento de água da cidade, onde foi observada também a importante atuação da Diocese de Humaitá, uma entidade religiosa que atua na coleta e distribuição de suprimentos alimentares e de higiene.

Conforme apresenta ainda no Quadro 1, as principais ações de parcerias entre as instituições relacionadas à prestação de assistência às famílias afetadas são cadastro e remoção das famílias, formação de abrigos temporários, atendimento médico, odontológico e psicológico nos abrigos, segurança pública e assistência humanitária (coleta e distribuição de suprimentos).

Diante do cenário apresentado, observa-se que na elaboração de estratégias para governança de risco, inseridas no contexto dos processos de gestão e regulação do uso da água, os esforços devem ser voltados para o fortalecimento de ações preventivas, reforçando e ampliando o estabelecimento de parcerias institucionais governamentais nas esferas municipais, estaduais e federais, além da necessidade do maior envolvimento de empresas privadas, organizações não governamentais (ONGs) e organizações comunitárias, ressaltando-se que não foram observadas parcerias com essas duas últimas esferas em nenhum município.

Para Valencio (2007), a insuficiência de instituições para agir de forma preventiva vulnerabiliza os municípios brasileiros para medidas diante dos desastres, visto que esses eventos se intensificarão. A PNPDEC tem

como uma das diretrizes: “Priorizar as ações relacionadas à Prevenção de Desastres, através de avaliação e redução de riscos de desastres”. Segundo essa política, a prevenção compreende a avaliação e a redução de riscos, medidas que não foram observadas nas coordenadorias municipais analisadas.

Para Gonçalves (2013, p. 11):

os desastres são a concretização dos riscos e estes são o encontro entre dados de ameaça e o processo de vulnerabilização que ocorre num lugar, numa certa escala temporal. Como tanto os desastres quanto os riscos são construídos socialmente, ou seja, no interior da vida em sociedade, muito dificilmente as medidas técnicas de proteção adotadas pelas autoridades constituídas conseguem ser mais abrangentes do que aquelas que a complexa vida social constrói no sentido contrário.

Assim, as medidas de prevenção a serem adotadas nos municípios devem ser coadunadas à verificação da origem antropogênica e natural do desastre, mas também precisam refletir uma construção coletiva das representações sociais acerca dos riscos dos desastres (VALENCIO, 2007), assegurando-se consensos relacionados aos critérios para distribuição do recurso e fiscalização das ações, tanto as ações preventivas quanto as estratégias de resposta. Associado às medidas preventivas é necessário ampliar o nível de interação entre as esferas federativas, outras instituições e as comunidades. A Figura 3 apresenta o nível médio de interação entre as esferas federativas nos municípios analisados.

O nível de interação entre as esferas federativas apresentado na Figura 3 foi indicado pelas Coordenadorias Municipais de Defesa Civil e pelos representantes dos atingidos pelas secas e cheias extremas durante o *workshop* realizado por este projeto. Nesse quesito, foi avaliada a relação das coordenadorias com as demais instituições e esferas federativas. As variáveis avaliadas foram: o acesso da coordenadoria às prefeituras, à Secretaria Estadual de Defesa Civil e ao Ministério da Integração; o esforço das instituições para identificação do risco; o grau de coordenação municipal, estadual e federal; o nível de transparência municipal, estadual e federal; e a relação das coordenadorias com as comunidades.

As interações institucionais foram analisadas por meio dos intervalos quantitativos de 0 a 5, criados a partir da

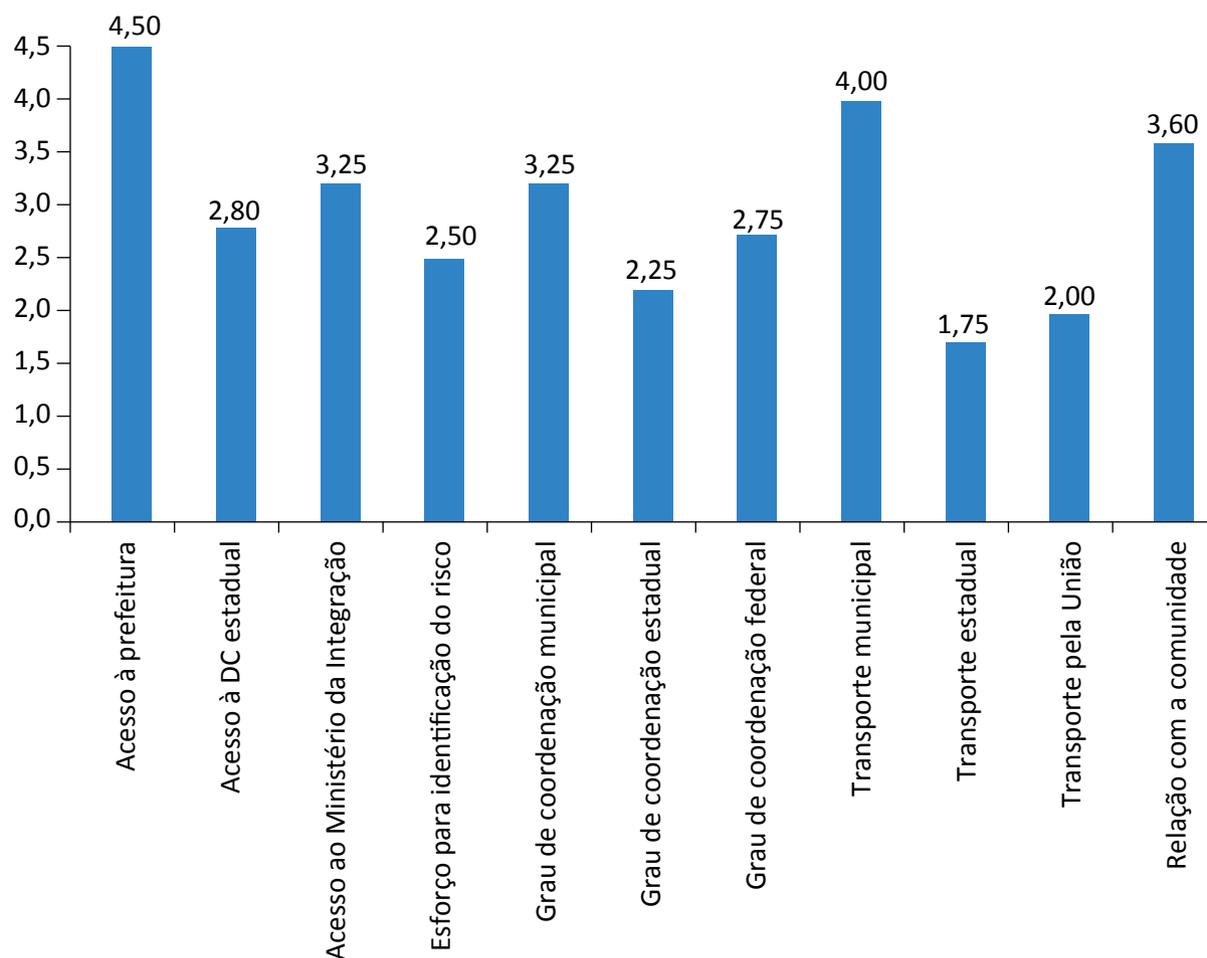


Figura 3 – Interação entre as esferas federativas nas ações de defesa civil.

concepção de uma escala *fuzzy*¹. Nas variáveis: “acesso à prefeitura”, “acesso à defesa civil estadual”, “acesso ao Ministério da Integração” e “esforço para identificação do risco”, os valores de 0,0 a 0,9 representam “muito difícil”; de 1,0 a 1,9, “difícil”; de 2,0 a 2,9, “mais ou menos difícil”; de 3,0 a 3,9, “mais ou menos fácil”; de 4,0 a 4,9, “fácil”; e 5,0 é igual a “muito fácil”. Nas demais variáveis, os valores de 0,0 a 0,9 representam “péssimo”; de 1,0 a 1,9, “ruim”; de 2,0 a 2,9, “mais ou

menos ruim”; de 3,0 a 3,9, “mais ou menos bom”; de 4,0 a 4,9, “bom”; e 5,0 é igual a “ótimo”.

Nota-se que os resultados mais satisfatórios são observados na esfera municipal, visto que o acesso das coordenadorias às prefeituras é considerado como “fácil” pelos coordenadores (4,5) e a transparência das prefeituras nas atividades relacionadas à gestão da água e à defesa civil é considerada “boa” (4,0), especialmente

¹Os intervalos quantitativos de análise foram baseados na lógica *fuzzy*. Essa teoria é fundamentada na incorporação de possibilidades em um conjunto linguístico que não são representadas pela estatística clássica. Entre o “sim e não”, “pertence e não pertence”, existem inúmeras possibilidades de escolha. As especificidades amazônicas refletem essa complexidade e são limitadas quando reduzidas à perspectiva da estatística convencional, baseada no *crisp set analysis*, ou seja, restritas aos valores binários de 0 e 1 (sim e não, existe e não existe, pertence e não pertence).

devido à emissão de relatórios e informações válidas. A interação com a secretaria estadual, considerada “mais ou menos difícil” (2,8), é pior na visão dos coordenadores, quando comparada à interação com o Ministério da Integração, que foi considerada “mais ou menos fácil” (3,25).

O esforço para identificação do risco representa a eficiência das coordenadorias e dos demais órgãos envolvidos para planejar e executar ações preventivas. Esse esforço foi reconhecido como “mais ou menos difícil” (2,5), reforçando, mais uma vez, a fragilidade das ações de prevenção nos municípios.

O grau de coordenação, relacionado à atuação das instituições nas ações de forma planejada e eficiente, também é mais satisfatório no âmbito municipal na opinião dos coordenadores, sendo reconhecido como “mais ou menos bom” (3,25), enquanto nos âmbitos estadual e federal foi indicado como “mais ou menos ruim” (2,25 e 2,75, respectivamente).

O nível de transparência na esfera estadual foi apontado como “ruim” (1,75), sendo pior que na esfera federal, reconhecido como “mais ou menos ruim” (2,00). Segundo as coordenadorias, o acesso aos relatórios e à prestação de contas para acompanhamento dos recursos distribuídos e resultados alcançados não é facilitado pelas instituições responsáveis (Secretaria Estadual e Ministério).

A interação entre as coordenadorias municipais e as comunidades, especialmente aquelas afetadas por eventos climáticos extremos, foi considerada “mais ou menos boa” (3,6). Isso quer dizer que a comunidade tem acesso facilitado à coordenadoria para solicitação de auxílio; entretanto, a insuficiência de recursos financeiros, humanos e materiais disponíveis limita o atendimento das demandas da população. Além disso, não foi observado o envolvimento direto da sociedade nas ações das coordenadorias e demais instituições.

Sem o envolvimento da população nas ações de planejamento das estratégias de governança de risco e de gestão dos recursos hídricos, um trabalho de sensibilização sobre as previsões relacionadas às mudanças

climáticas, associado à apresentação dos possíveis prejuízos de todas as ordens, e garantia da participação social nas tomadas de decisões, os planos de governança de risco estarão comprometidos.

A participação direta da sociedade civil na elaboração dos planos de governança poderá ser incluída no âmbito dos Núcleos Comunitários de Defesa Civil (NUDECs), previstos no Sistema Nacional de Defesa Civil (SINDEC). Os municípios analisados não possuem NUDEC, o que poderá ser viabilizado para incluir nos planejamentos o conhecimento e o saber prático da população, relacionado-os às formas de adaptação já realizadas.

A institucionalização da defesa civil como ferramenta operacional de ação na ocorrência de desastres não tem sido suficiente para executar atividades preventivas e minimizar as perdas em ações de resposta no Amazonas. As principais causas dessa insuficiência foram apontadas pelas coordenadorias municipais e pelos representantes da sociedade civil durante o *workshop*:

1. inadequação do SINDEC e falta de conhecimento dos reguladores e gestores a respeito da realidade amazônica: foi apontado o desconhecimento do Ministério da Integração sobre a realidade dos rios amazônicos, o que ocasiona a elaboração de políticas inadequadas, com critérios para liberação de recursos destinados às ações da defesa civil muitas vezes impossíveis de serem atendidos pelos municípios, ou insuficientes para um atendimento satisfatório das necessidades da população. Como exemplo, um dos participantes do *workshop* comentou sobre a fala de representantes do Ministério da Integração durante a situação de emergência e o estado de calamidade do município de Humaitá no ano de 2014, quando disseram que Humaitá necessitava apenas da construção de “pinguelas”² para minimizar os efeitos da cheia, evidenciando o desconhecimento sobre a força da água e os estragos que o volume dos rios amazônicos pode ocasionar durante uma cheia severa;
2. insuficiência de recursos para as ações das coordenadorias: a maioria das coordenadorias não

²Pinguelas são pontes estreitas, construídas pelos ribeirinhos de forma improvisada com troncos ou tábuas sem proteção, para passagem sobre o rio em períodos de cheias.

possui infraestrutura e equipamentos próprios. As salas onde funcionam as coordenadorias, os computadores, os veículos e os outros instrumentos necessários para viabilização das ações são, geralmente, cedidos pelas secretarias municipais de forma temporária, o que dificulta o estabelecimento de um núcleo permanente. Além disso, o sistema de comunicação com outros municípios e as secretarias estadual e nacional, bem como entre áreas urbanas e rurais, também é insuficiente e precário. Os serviços de telefonia, internet e radiocomunicação permanecem praticamente ausentes em períodos de chuvas fortes, o que dificulta inclusive o preenchimento das informações dos municípios no SINDEC para comunicar o risco ou o desastre e, dessa forma, adquirir os recursos necessários. Para Valencio (2007), a ausência de condições estruturais para agilmente coletar, sistematizar e transmitir informações retarda a formação de um quadro completo da situação dos municípios pelas instâncias superiores, sendo esse processo indispensável para o delineamento de prioridades de atendimento, implicando, conseqüentemente, sobre a agilidade e a viabilização da distribuição de recursos.

3. insuficiência de capacitação e habilitação dos envolvidos nas atividades da defesa civil no âmbito municipal: nos municípios do Amazonas, os envolvidos na defesa civil são servidores cedidos por outras secretarias municipais. Entretanto, foi indicado um despreparo desses servidores para atuação tanto nas atividades da defesa civil quanto em outras atividades relacionadas à gestão da água. Os servidores não recebem cursos de capacitação, e, associada ao baixo nível de escolaridade, a execução das tarefas solicitadas pelos gestores ou coordenadores, especialmente as relacionadas à coleta e ao registro de informações, é comprometida. Essa deficiência perpetua o despreparo e a baixa capacitação do pessoal envolvido nos processos de decisão local e nas demais atividades de gestão do poder público municipal.

Foi apontada também a descontinuidade das ações planejadas pelos gestores em função das atividades de gestão serem diretamente associadas a cargos ou funções públicas indicados pelo grupo político detentor do poder a cada quatro anos. Esse fato, segundo

os entrevistados, gera comodismo dos técnicos e descompromisso com as atividades de proteção e assistência à sociedade.

Houve indicação ainda da necessidade de incentivos aos servidores envolvidos nas ações da defesa civil, especialmente pela caracterização da atividade como periculosa. Os agentes municipais são, geralmente, servidores cedidos de outras secretarias, designados para colaborar nas ações emergenciais, exercendo essas atividades sem prejuízos das funções que ocupam, não fazendo jus a qualquer espécie de gratificação ou remuneração especial. A falta de gratificação deve-se à consideração dos serviços como “prestação de serviços relevantes”, sendo o coordenador indicado pela prefeitura, a quem compete organizar as atividades. Entretanto, foi considerada a necessidade de incentivos funcionais para estimular os agentes na prestação do serviço, o que garantiria maior envolvimento e eficiência nas atividades. Os incentivos poderiam ser relacionados, por exemplo, à redução do tempo de serviço para aposentadoria ou aos direitos trabalhistas correlatos.

Diante do cenário observado em torno dos arranjos institucionais dos municípios para governança de risco relacionada aos recursos hídricos, observa-se que a PNPDEC ainda não foi implementada no Estado. Os NUDECs previstos como parte integrante do SINDEC inexistem nos municípios; o baixo nível de integração institucional entre as diferentes esferas (municipal, estadual, federal, ONGs e empresas privadas), tanto nas ações preventivas quanto assistenciais, representa a limitação dos investimentos para o desenvolvimento de projetos determinados na PNPDEC, o que, nesse caso específico, poderia ser amenizado com os “Projetos de Desenvolvimento Institucional” que preveem a integração vertical, horizontal e setorial das instituições relacionadas à defesa civil.

Outrossim, o SINDEC não atende satisfatoriamente às necessidades das populações amazônicas, uma vez que a infraestrutura existente é insuficiente para o cumprimento dos critérios necessários à aquisição dos recursos pelos municípios, sendo limitado, inclusive, pelo baixo nível de capacitação dos servidores e profissionais envolvidos na gestão da água e na defesa civil. Essas deficiências poderiam ser amenizadas caso houvesse o cumprimento da implanta-

ção de “Programas de Preparação Operacional e de Modernização do Sistema”, no primeiro caso, e de

“Programas de Preparação Técnica e Institucional”, no segundo, ambos previstos na PNPDEC.

Equipamentos e infraestrutura dos municípios

A análise dos equipamentos e da infraestrutura disponíveis nos municípios para viabilização de ações relacionadas às respostas e à adaptação aos riscos de desastres ambientais é um importante instrumento para melhoria ou criação de um ambiente favorável nos municípios, com o objetivo de ope-

racionalizar tanto os planos diretores quanto os de defesa civil.

As condições de infraestrutura dos municípios para gestão da água e governança de risco foram avaliadas, neste trabalho, por meio dos sistemas de comunicação disponíveis, dos recursos humanos e dos recursos físicos.

Disponibilidade do sistema de comunicação

A disponibilidade de meios de comunicação para governança de risco é essencial para a implantação de sistemas de monitorização, alerta e alarme em casos de ocorrência de desastres ambientais. A comunicação deve permitir a prestação de informações nos âmbitos local, regional e nacional, em tempo real, em situações de emergência ou estado de calamidade pública, além de possibilitar a interação entre as instituições envolvidas na execução dos planejamentos de prevenção e redução dos riscos. O Quadro 2 apresenta a disponibilidade dos principais meios de comunicação nos municípios.

Boca do Acre, Canutama e Lábrea; e jornais impressos são encontrados apenas em Humaitá. Os serviços de telefonia e internet estão disponíveis em todos os municípios.

Essas informações permitem inferir que o município de Humaitá possui a melhor infraestrutura em relação à disponibilidade de meios de comunicação, uma vez que apresenta os principais veículos. A pior infraestrutura de comunicação é observada em Boca do Acre, Canutama e Lábrea, pois não possuem agências dos Correios, serviço de fax e jornais.

Conforme apresenta o Quadro 2, os principais meios de comunicação disponíveis nos municípios são agências dos Correios, serviços de telefonia e fax, jornais impressos e acesso à internet. Entretanto, apenas Pauini e Humaitá dispõem de agência dos Correios; o serviço de fax não está disponível em

Apesar da existência dos meios de comunicação nos municípios, existe uma grande dificuldade de comunicação entre os municípios nos âmbitos local, regional e nacional. Os serviços de telefonia e internet são constantemente interrompidos e o acesso à internet não atende aos critérios de agilidade e eficiência de comunicação.

Quadro 2 – Meios de comunicação existentes nos municípios.

Municípios	Correio	Fax	Jornais impressos	Internet	Telefones convencional e móvel
Beruri	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Boca do Acre	Não	Não	Não	Sim	Sim
Canutama	Não	Não	Não	Sim	Sim
Lábrea	Não	Não	Não	Sim	Sim
Pauini	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
Tapauá	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Humaitá	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Em períodos de chuvas esses serviços permanecem praticamente inoperantes.

A dificuldade de comunicação afeta diretamente as estratégias de governança de risco, pois a falta de contato entre as coordenadorias municipais, a Secretaria Estadual de Defesa Civil e o Ministério da Integração implica em demora na liberação dos recursos, o que compromete consideravelmente o atendimento às famílias em situação de emergência.

Recursos humanos

Os recursos humanos são importantes fatores a serem considerados na construção de planos de governança, visto que a estrutura institucional reflete diretamente sobre a capacidade de implementação. O capital humano das instituições pode ser avaliado pelo treinamento profissional, o que permite aos prestadores de serviço a execução de suas funções e atividades com maior eficiência.

Para o sucesso de planos de governança de risco, as instituições necessitam aprimorar o recrutamento e o treinamento, de modo que estejam alinhados com as necessidades regionais. A otimização na disponibilidade de recursos humanos pode advir da capacitação de todos os níveis burocráticos, quando esses são inicia-

Outro ponto a ser destacado é a dificuldade que os municípios enfrentam para comunicação com as áreas rurais. Um número reduzido de comunidades rurais dispõe de telefonia ou comunicação por rádio amador, sendo os bilhetes ou recados enviados pelos barcos que transitam pelas comunidades o principal meio de comunicação. Esse fato, associado à dificuldade de logística em função da distância ou do acesso dificultado em períodos de seca, resulta no comprometimento do atendimento às famílias e em obstáculos para realizar trabalhos de prevenção de riscos.

dos e treinados para lidar com as mudanças climáticas (RENN, 2005, 2008).

Os planos de defesa civil no Estado do Amazonas poderão contar mais diretamente para sua execução com os recursos humanos existentes nas Coordenadorias Municipais de Defesa Civil, que, no geral, são servidores designados pelo poder público municipal. Entretanto, esses servidores poderão ser os responsáveis pela integração da instituição com as demais instituições locais, podendo, portanto, contar com todo o efetivo municipal tanto para a execução de atividades voltadas à prevenção do risco quanto nas medidas de respostas.

A Tabela 1 apresenta o número de funcionários ativos na administração municipal e nas Coordenadorias Mu-

Tabela 1 – Número de funcionários ativos na administração municipal.

Municípios	Nº de funcionários da administração direta	Proporção de funcionários em relação à população (funcionários/pessoas)	Nº de servidores nas coordenadorias municipais
Beruri	764	1/22	5
Boca do Acre	1.554	1/21	2
Canutama	691	1/21	6
Lábrea	1.107	1/41	6
Pauini	616	1/16	5
Tapauá	1.180	1/15	7
Humaitá	1.406	1/34	8
Total	7.318	–	39

Fonte: IBGE (2015)

nicipais de Defesa Civil, bem como a proporção do número de funcionários existentes em função do número populacional (funcionários/pessoas).

Conforme pode ser observado na Tabela 1, o município em pior situação em relação ao número de funcionários da administração direta disponível para atendimento da população (número de funcionários/pessoas) é Lábrea, com a proporção de 1 funcionário para atender 41 pessoas (1/41), seguido, em ordem de dificuldade, por Humaitá, com 1/34, Beruri, com 1/22, Boca do Acre e Canutama, ambos com 1/21, Pauini, com 1/16, e pelo município em melhor situação em relação aos demais: Tapauá, que possui a proporção de 1/15.

O número de servidores disponíveis para as atividades das coordenadorias municipais é variável, sendo 5 em Beruri, 2 em Boca do Acre, 6 em Canutama, 6 em Lábrea, 5 em Pauini, 7 em Tapauá e 8 em Humaitá.

A principal função desses servidores é o cadastramento das famílias nas situações de emergência e calamidade.

Nos municípios do Amazonas, os envolvidos na defesa civil são servidores cedidos por outras secretarias municipais, e a maioria possui baixa escolaridade formal, como pode ser observado na Figura 4.

Conforme demonstra a Figura 4, a maioria dos servidores possui o nível médio como escolaridade formal (91,66%), e apenas 8,34% possuem ensino superior, sendo esses últimos observados somente no município de Humaitá. Outro problema identificado é o acúmulo de funções, uma vez que os servidores que prestam serviços à defesa civil não são desligados de suas funções nas secretarias ou outras instituições às quais pertencem originalmente.

Recursos físicos

A disponibilidade de recursos físicos foi analisada em função dos equipamentos e da infraestrutura disponíveis nas coordenadorias municipais, tanto de propriedade própria quanto disponibilizados por outras instituições que prestam apoio às atividades da defesa civil.

Nos municípios, as coordenadorias não possuem sala ou prédio próprio, como pode ser observado no Quadro 3. Funcionam com outros setores das prefeituras ou em prédios públicos destinados às secretarias municipais, tais como Secretaria Municipal de Assistência Social e de Abastecimento.

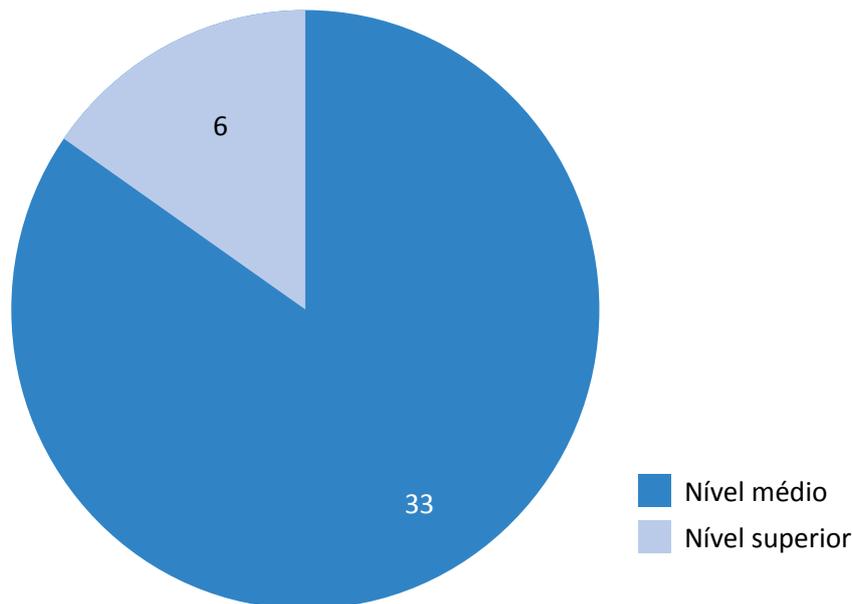


Figura 4 – Nível de escolaridade dos servidores das coordenadorias municipais.

Em relação aos equipamentos disponíveis para o trabalho, conforme indica a Figura 5, as coordenadorias possuem apenas computador, impressora, GPS, roteador de internet, *data show* e rádio amador.

Como pode ser observado na Figura 5, o município que possui melhor estrutura em relação aos equipamentos

disponíveis para o trabalho é Humaitá. Pauini é o município em pior situação, pois não tem equipamentos à disposição. Quando os servidores desse município necessitam de computador, impressora, acesso à internet e demais equipamentos, utilizam a estrutura da Secretaria Municipal de Assistência Social.

Quadro 3 – Local de funcionamento das coordenadorias municipais.

Municípios	Local de funcionamento
Beruri	Sala alugada pela prefeitura
Boca do Acre	Sala no prédio da ação social
Canutama	Sala na prefeitura
Lábrea	Auditório da prefeitura
Pauini	Sala na Secretaria de Assistência Social
Tapauá	Sala na Secretaria de Abastecimento
Humaitá	Sala alugada pela prefeitura

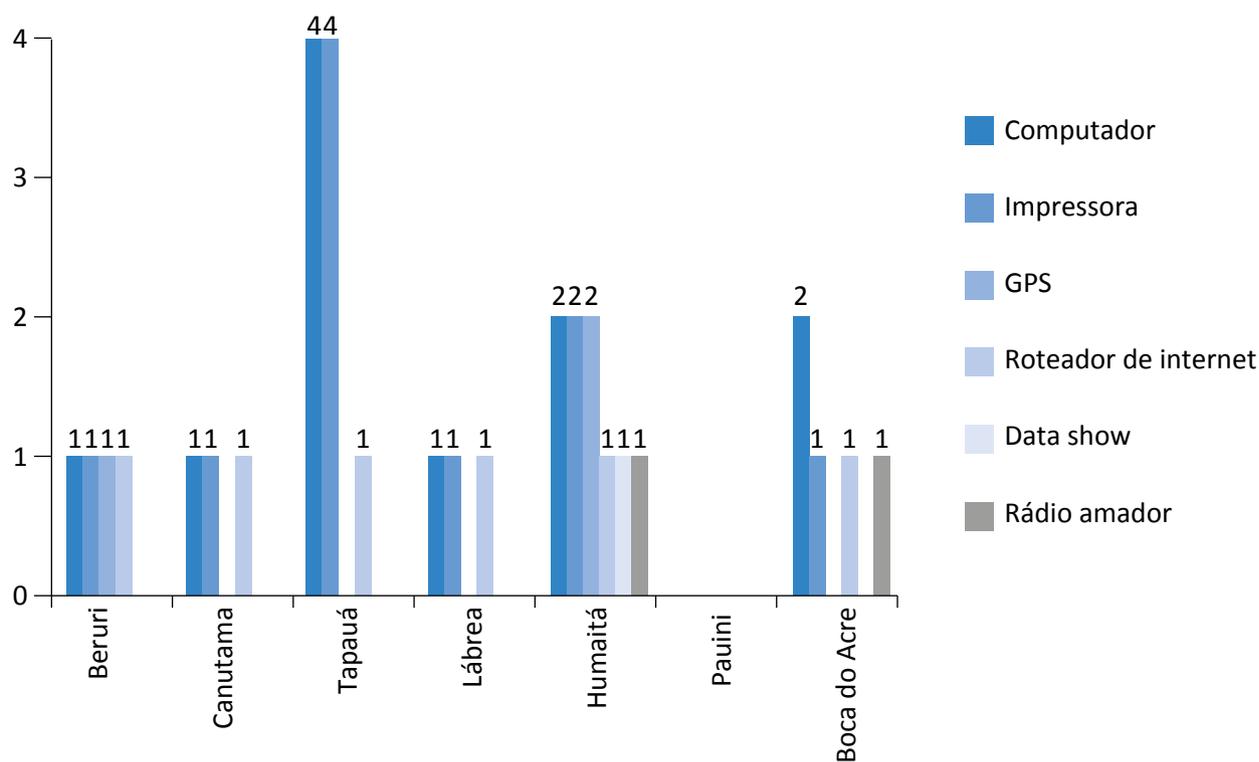


Figura 5 – Disponibilidade de equipamentos nas coordenadorias municipais.

Desse modo, é possível observar uma precariedade no oferecimento de equipamentos para as ações da defesa civil, o que prejudica diretamente o sucesso das ações preventivas, como também das atividades executadas em casos de emergências e estado de calamidade pública. Essa situação representa ainda uma baixa capacidade institucional em relação aos recursos físicos, bem como reflete uma vulnerabilidade dos municípios para atendimento das famílias.

A disponibilidade de veículos para a realização das atividades da defesa civil é outro fator de infraestrutura limitante. Como pode ser analisado pelos dados da Figura 6, os principais veículos utilizados para deslocamento na cidade são caminhão, carro, motocicleta e triciclos, enquanto o deslocamento entre a cidade e as áreas rurais ocorre por voadeiras³ ou embarcações de maior porte.

Entre os municípios analisados, nenhuma coordenadoria possui veículo próprio. Geralmente, quando há necessidade de deslocamento, as coordenadorias

solicitam veículo de outras instituições. Conforme demonstra a Figura 6, Humaitá dispõe de um maior número de veículos que podem ser utilizados para atividades da defesa civil, sendo cinco caminhões, dez carros e cinco voadeiras. Lábrea e Pauini são os municípios que possuem a menor frota de veículos, com apenas um carro para a execução do trabalho. Quando há necessidade de deslocamento via fluvial, as coordenadorias solicitam aluguel de voadeiras, serviço pago pelas prefeituras.

Diante do cenário observado em torno da infraestrutura e disponibilidade de equipamentos nos municípios para gestão da água e estratégias de governança de risco, é possível inferir que existe uma insuficiência tanto de recursos físicos quanto humanos e financeiros nos municípios. Apesar das parcerias institucionais que disponibilizam computadores, impressoras, acesso à internet ou veículos para o trabalho das coordenadorias, os recursos disponíveis são insuficientes para implementação de futuros planos de governança e ações da defesa civil.

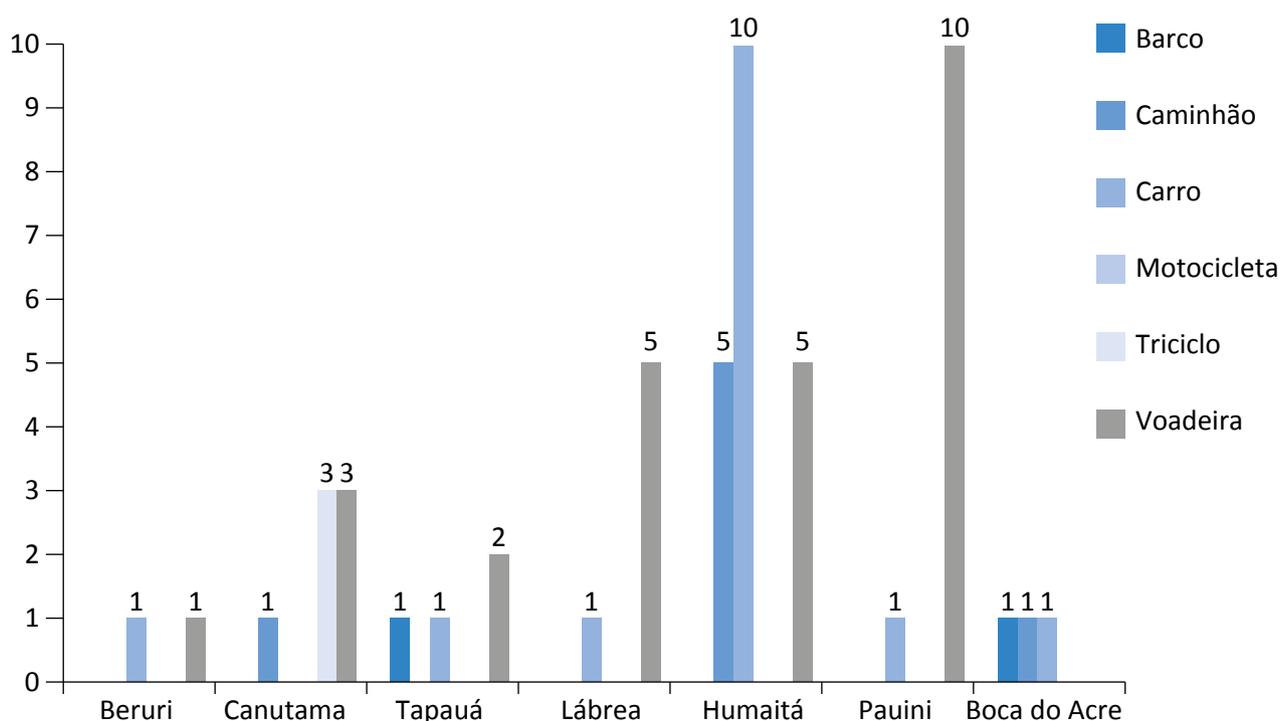


Figura 6 – Disponibilidade de veículos nos municípios.

³Voadeira é o nome dado pela população do Estado para pequenas embarcações movidas por motores com potência de 40 ou 60 HP.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise realizada neste trabalho a respeito da capacidade institucional, refletida por meio dos recursos humanos, físicos e financeiros, e dos instrumentos de gestão disponíveis nos municípios para elaboração de estratégias concernentes à prevenção e à mitigação de situações de risco de desastres aponta que os mecanismos institucionais existentes para governança de risco no Amazonas são ainda incipientes.

Os resultados obtidos apontam a necessidade de um maior diálogo sobre a qualidade da formulação de políticas voltadas ao enfrentamento dos riscos. Nos arranjos institucionais, observa-se a necessidade de maior envolvimento da participação da sociedade nos processos decisórios, considerando-se suas experiências e demandas nos planos de governança. Além disso, a interação entre as instituições formais necessita ser fortalecida, no sentido de estabelecer processos de cooperação que representem, de fato, os interesses sociais e a minimização dos riscos iminentes ocasionados pelas mudanças climáticas.

A gestão das ações da defesa civil ocorre mais no âmbito do desastre do que da prevenção do risco de desastre. Apesar de a PNPDEC reconhecer em suas diretrizes e metas a necessidade de ações voltadas ao risco, na prática, o que se observa são esforços mais voltados às respostas, como o socorro e a assistência às populações afetadas nos eventos extremos.

Entretanto, embora sejam observadas deficiências na implementação da política no âmbito local, as ferramentas operacionais previstas na PNPDEC são importantes mecanismos de viabilização das estratégias de governança de risco, especialmente no que se refere à infraestrutura física, material e pessoal, bem como à integração institucional e à inclusão da comunidade na elaboração de planos e tomada de decisões. É necessário também estabelecer iniciativas de inclusão de

empresas em estratégias de redução dos riscos de desastres, principalmente as hidrelétricas instaladas no Estado.

Diante do cenário observado, os investimentos para governança de risco na região podem ser então voltados à:

1. inclusão das experiências locais, evidenciando sua capacidade de adaptação e resistência;
2. integração das instituições nas diferentes esferas;
3. adequação da política à realidade amazônica;
4. gestão do risco, com investimentos em estudos de vulnerabilidade e riscos de forma mais direta por parte da política de defesa civil em relação às demais políticas, especialmente a ambiental.

Essas iniciativas possibilitarão a saída das diretrizes políticas do papel, reduzindo-se o distanciamento entre as metas elaboradas e a execução das ações. A utilização, por exemplo, dos planos diretores pelo poder público municipal como norteadores do planejamento de suas ações e ferramenta de gestão possibilitaria a adequação da governança de risco de mudanças climáticas às potencialidades e às alternativas evidenciadas em cada município. O investimento em ações voltadas à governança de risco em detrimento do atendimento de resposta reduziria os danos causados ao ambiente e os transtornos à população.

Outro ponto a ser destacado é a necessidade de integrar os municípios nos sistemas de governança. Essa integração minimizará as dificuldades enfrentadas pelos setores financeiros, administrativos e organizacionais. A integração dos municípios em torno de demandas e objetivos comuns fortalecerá também a região para apresentação das propostas nas conferências estaduais e nacionais, possibilitando maior poder mobilizador e adequação das diretrizes e dos sistemas à realidade vivenciada na região norte.

REFERÊNCIAS

- ABDULA, A. & TAELE, K. *Avaliação das capacidades de gestão do risco de desastres*. Maputo: Ministério para a Coordenação da Ação Ambiental, 2005. v. 1.
- BANCO MUNDIAL. *The World Bank Research Program: abstracts of current studies*, 2004. Disponível em: <http://siteresources.worldbank.org/DEC/Resources/abstracts_current_studies_2004.pdf>. Acesso: 10 abr. 2014.
- BRESSER-PEREIRA, L.C. Instituições, bom estado, e reforma da gestão pública. In: BIDERMAN, C.; ARVATE, P. (Orgs.). *Economia do Setor Público no Brasil*. São Paulo: Campus Elsevier, 2004.

CAD – DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DA ADMINISTRAÇÃO. *Capacitação Básica em Defesa Civil*. Florianópolis: Secretaria Nacional da Defesa Civil, 2013. Disponível em: <<http://www.defesacivil.pr.gov.br/arquivos/File/LivroDefesaCivil3Ed2013.pdf>>. Acesso em: 02 out. 2014.

CAPACITY.ORG. Evaluating capacity development. Brussels: European Centre for Development Policy Management (Ecdpm), 2003. Issue 17.

CENSIPAM – CENTRO GESTOR E OPERACIONAL DO SISTEMA DE PROTEÇÃO DA AMAZÔNIA. *Relatório de acompanhamento de Gestão n. 02/2014*. Brasília: Ministério da defesa 2014.

CEUC – CENTRO ESTADUAL DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO. *Relatório de Atividades*. Manaus: CEUC, 2010.

EIRD/ONU – ESTRATÉGIA INTERNACIONAL PARA REDUÇÃO DE DESASTRES DA ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Terminología sobre reducción del riesgo de desastres. Genebra: EIRD/ONU, 2009.

FERREIRA, L.C.; ANDRADE, T.H.N.; MARTINS, R.D.; BARBI, F.; URBINATI, A.M.; SOUZA, F.O. Governando as mudanças climáticas em cidades costeiras brasileiras: riscos e estratégias. In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPPAS, 5., Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: ANPPAS, 2010.

GONÇALVES, J.C. Por uma verdadeira e viva Política Nacional de Proteção e Defesa Civil. São Carlos: NEPED/UFSCAR, 2013. Disponível em: <http://www.ufscar.br/neped/pdfs/artigos_de_opinio/Artigo_de_opinio_-_Juliano_Goncalves_-_2013-1.pdf>. Acesso: 13 jun. 2014.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Informações sobre os Estados brasileiros, 2015. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/uf.php?lang=&coduf=13&search=amazonas>>. Acesso: 02 mar. 2015.

LEVI, M. Uma lógica da mudança institucional. *Revista de Ciências Sociais*, v. 34, n. 1, p. 79-99, 1991.

NORTH, D. *Institutions, institutional change and economic performance*. Press, Cambridge: Cambridge University, 1990.

OSTROM, E. *Governing the commons: the evolution for collective action*. Cambridge: University Press, 1990.

OSTROM, E. *Understanding institutional diversity*. Princeton: University Press, 2005.

RAVENA, N. *Demiurgia institucional ou criação burocrática? Os caminhos da regulação da água no Brasil*. 1. ed. Curitiba: Appris, 2012. 350 p.

RENN, O. *Risk governance towards an integrative approach*. Lausanne: International Risk Governance Council, 2005.

RENN, O. *Risk governance: coping with uncertainty in a complex world*. London: Earthscan, 2008.

SAGI, L.C. Capacidade institucional para a gestão do turismo: definição de indicadores e análise com base no estudo de caso de Santa Catarina. *Revista Hospitalidade*, v. 6, n. 1, p. 50-75, 2009.

SILVA, A.T. Governança e sustentabilidade das políticas públicas ambientais: processos e atores. In: ENCONTRO NACIONAL DA ECOECO, 7., Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: ECOECO, 2007. Disponível em: <http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/vii_en/mesa2/resumos/governanca_e_sustentabilidade_das_politicas_publicas.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2014.

VALENCIO, N.F.L.F.A. Gestão de desastres como prática institucional de reiteração da violência contra grupos vulneráveis: o caso dos abrigos temporários. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOCIOLOGIA, 13., Recife. *Anais...* Recife: UFPE, 2007. 20 p.

VALENCIO, N. & VALENCIO, A. O guardador do portal de Hades: elementos sociopolíticos para uma análise acerca do enfrentamento institucional dos desastres no Brasil. In: VALENCIO, N. *Sociologia dos desastres: construção, interfaces e perspectivas no Brasil*. São Carlos: RMa Editora, 2010. p. 3-30.

OCORRÊNCIA DE AGROTÓXICOS EM ÁGUAS USADAS COM IRRIGAÇÃO DE ARROZ NO SUL DE SANTA CATARINA

OCCURRENCE OF PESTICIDES IN WASTEWATER IRRIGATED RICE IN SOUTHERN SANTA CATARINA

Álvaro José Back

Doutor em Engenharia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), Estação Experimental de Urussanga – Urussanga (SC), Brasil.

Francisco Carlos Deschamps

Doutor em Ciências pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Pesquisador da Epagri, Estação Experimental de Itajaí – Itajaí (SC), Brasil.

Maria da Gloria da Silva Santos

Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Coordenadora de Laboratórios no Instituto de Pesquisas Tecnológicas e Ambientais da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC) – Criciúma (SC), Brasil.

Endereço para correspondência:

Álvaro José Back – Rodovia SC 108, Km 353, 1563 – Estação – 88840-000 – Urussanga (SC), Brasil – E-mail: ajb@epagri.sc.gov.br

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a presença de resíduos de agrotóxicos nas águas superficiais de drenagem das lavouras de arroz irrigado no sistema pré-germinado na região sul de Santa Catarina. Foram analisadas amostras de água coletadas nos canais de irrigação e drenagem de um sistema coletivo de irrigação durante três anos de cultivo. Foram encontrados resíduos de carbofurano em amostras de água de drenagem coletadas nos três anos monitorados, com concentrações de até 5 µg.L⁻¹. A maioria (81%) das amostras de água superficial das áreas de drenagem das lavouras de arroz irrigado continha resíduos de pelo menos 1 herbicida. Dentre os herbicidas estudados, o bentazona foi identificado em maior frequência (50%), no entanto, também foram encontrados resíduos de bispyribac-sodium, quinclorac e thiobencarb. Entre os fungicidas, destacam-se o tricyclazole, azoxystrobin e tebuonazol. Foram encontrados resíduos do inseticida malathion em 5,2% das amostras, porém, em concentrações abaixo do limite detectável.

Palavras-chave: arroz irrigado; qualidade da água; agroquímicos; herbicidas.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the presence of pesticide residues in surface water drainage from irrigated rice fields in pre-germinated system in southern Santa Catarina, Brazil. We analyzed water samples collected in the irrigation canals and drainage system of a multiuser irrigation system during three growing seasons. Carbofuran residues were found in samples of drainage water collected in the three years of monitoring, with concentrations up to 5 µg.L⁻¹. The majority (81%) of surface water samples from drainage areas of irrigated rice fields contained residues of at least 1 herbicide. Among the herbicides, bentazone had the highest frequency (50%), however, residues of bispyribac-sodium, quinclorac and thiobencarb were also found. Among the fungicides, tricyclazole, azoxystrobin and tebuonazol were seen. Residues of the insecticide Malathion were detected in 5.2% of the samples, but at concentrations below the detection limit.

Keywords: irrigated rice; water quality; agrochemicals; herbicides.

INTRODUÇÃO

O cultivo do arroz irrigado tem grande importância social e econômica nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, responsáveis por cerca de 70% da área cultivada com arroz de várzea do Brasil (KISCHEL *et al.*, 2011). A orizicultura desenvolvida em sistema de irrigação apresenta produtividade elevada e estável, sendo a principal forma de cultivo adotada nos estados do sul do país (SOSBAI, 2012).

O sistema de plantio pré-germinado é adotado em mais de 96% da área de plantio do estado de Santa Catarina e vem ganhando relevância no Rio Grande do Sul (FREITAS, 2009). Esse sistema tem como vantagens, em relação aos sistemas tradicionais de irrigação, a redução da incidência de plantas daninhas, o efeito termorregulador, a maior disponibilidade de nutrientes no solo para as plantas de arroz e a redução de mão de obra. Apesar dessas vantagens, por ter maior período de irrigação contínua, apresenta como desvantagens o maior consumo de água e a possibilidade de contaminação dos recursos hídricos. Críticos dessa forma de cultivo ressaltam que, com o decorrer do tempo, as vantagens do sistema são suplantadas pelas desvantagens ambientais (PRIMEL *et al.*, 2005). Ao longo das últimas três décadas o cultivo do arroz irrigado apresentou expansão de área cultivada, mudanças no sistema de plantio e também aumento do volume de agrotóxicos destinado à cultura. A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) ressalta que, embora o consumo médio dos principais agrotóxicos seja maior no cultivo irrigado do que no de terras altas, observou-se um decréscimo contínuo no consumo desses produtos no cultivo irrigado, o que pode ser atribuído à adoção de técnicas mais adequadas de manejo (SANTOS & RABELO, 2008).

Em toda a área de arroz irrigado de Santa Catarina a adoção do sistema pré-germinado, quando desenvolvido próximo de mananciais, apresenta sérios riscos de contaminação da água pelos agroquímicos.

O grande uso de agrotóxicos no sistema de plantio pré-germinado traz a preocupação com a contaminação dos recursos hídricos, tanto superficiais quanto subterrâneos. Isso pode ocorrer de forma difusa, tornando difícil sua detecção e controle (RIBEIRO *et al.*, 2007). O risco dos agrotóxicos atingirem os mananciais hídricos subterrâneos pode ser determinado pelo transporte descendente, o qual é dependente de fatores climáticos, propriedades do solo, práticas de manejo das lavouras, profundidade do manancial e propriedades físico-químicas dos agrotóxicos (RIBEIRO

et al. 2007; MARCHESAN *et al.*, 2010). Andrade *et al.* (2010) afirmam que no sistema pré-germinado, a drenagem da área irrigada, efetuada após a semeadura, pode desencadear grave problema ambiental, ao mesmo tempo que pode causar perdas dos nutrientes e/ou de herbicidas que estão em suspensão na água de irrigação. Essa drenagem é prejudicial tanto para a rentabilidade do setor orizícola quanto para o ambiente, pois além das perdas de água, podem contaminar os mananciais com nutrientes e agrotóxicos (SCORZA JUNIOR, 2011). Segundo Gasparini e Vieira (2010), nessas áreas as evidências apontam sérios riscos de contaminação dos recursos hídricos, incluindo aqueles disponibilizados para o abastecimento público.

Áreas cultivadas com arroz irrigado tem sido alvo de especulações quanto aos efeitos deletérios dessa cultura sobre a qualidade das águas superficiais (POLEZA *et al.*, 2008; WILSON; WATTS; STEVENS, 2008; GASPARINI & VIEIRA, 2010; SILVA *et al.*, 2011). Segundo Poleza *et al.* (2008), dependendo das condições de precipitação pluviométrica e manejo inadequado da água de irrigação da lavoura, existe o risco dos resíduos dos agroquímicos serem carregados para fora da lavoura, podendo provocar alterações na qualidade da água a jusante desses agroecossistemas. Muitas vezes os herbicidas podem afetar indiretamente os peixes, prejudicando as cadeias alimentares inferiores, uma vez que podem reduzir o fitoplâncton, causando uma consequente diminuição do oxigênio dissolvido e remoção dos compostos nitrogenados da água (COPATTI *et al.*, 2009; MOREIRA *et al.*, 2012). Também podem afetar a percepção química de substâncias naturais de importância ecológica (SAGLIO & TRIJASSE 1998). Segundo Moura, Franco e Matallo (2008), após atingirem os sedimentos, os contaminantes podem ser alterados por diversos processos químicos, físicos e biológicos, que podem aumentar ou diminuir o seu poder tóxico, ou ainda ocasionar a sua deposição e liberação.

Como medida preventiva para diminuir o carregamento de solo, nutrientes e agrotóxicos, há recomendações para ampliar o tempo de retenção da água de irrigação, diminuindo o risco de contaminação dos mananciais hídricos (SOSBAI, 2012). Associando os riscos potenciais ao manejo inadequado, podem surgir conflitos de uso da água, onerando a produção e comprometendo a sustentabilidade social, econômica e ambiental lavoura de arroz (MACEDO *et al.*, 2007). Isso torna-se mais relevan-

te quando o efluente resultante da lavoura é despejado em mananciais utilizados para abastecimento público. A cultura do arroz irrigado é frequentemente considerada responsável pela poluição e degradação dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do Rio Araranguá, Santa Catarina (PEREIRA & MARTINS, 2010). A cultura de arroz irrigado constitui-se em atividade de alto potencial poluidor, pois a irrigação aumenta a possibilidade de transporte de agrotóxicos, via água da chuva e drenagem para mananciais hídricos e via lixiviação para os aquíferos.

Este trabalho teve como objetivo determinar a presença de resíduos de agrotóxicos em águas efluentes de um

sistema coletivo de irrigação e drenagem da cultura do arroz cultivado no sistema pré-germinado na região sul de Santa Catarina. A área de estudo utiliza água para a irrigação oriunda da Barragem do Rio São Bento, que é destinada prioritariamente ao abastecimento humano. Como na bacia de contribuição dessa barragem praticamente não existe atividade agrícola, pode-se atribuir toda alteração na qualidade da água e a presença de resíduos de agrotóxicos diretamente à rizicultura. Outro diferencial deste trabalho é a densa amostragem, com frequência de coleta semanal durante todo o período de cultivo por dois anos seguidos, cobrindo uma série de agrotóxicos potencialmente usados no cultivo do arroz irrigado.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na área da Associação de Irrigação e Drenagem Santo Isidoro (ADISI), localizada nos municípios de Nova Veneza e Forquilha, no Sul de Santa Catarina (Figura 1). Essa associação, fundada em 1984 com a finalidade de disciplinar, manter e regular a distribuição de água canalizada aos produtores de arroz, envolvendo 246 sócios que cultivam 2.770 ha de arroz irrigado. A água utilizada na irrigação é derivada por gravidade do Rio São Bento, em uma única entrada, e distribuída por sistemas ramificados de canais aos diversos produtores. O sistema de canais, com aproximadamente 115 km de extensão, tem função de irrigação e drenagem dos excessos, de forma a evitar perdas de água ao longo da área irrigada, sendo que na parte inferior os canais convergem para duas saídas. As amostras foram coletadas no canal de entrada e nas duas saídas.

Na safra 2008/2009 foi investigada a presença de carbofurano, sendo as análises realizadas no Laboratório de Análises de Águas do Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas (IPAT) da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), usando a cromatografia gasosa com detector nitrogênio-fósforo (NPD). Nas safras

2009/2010 e 2010/2011 as amostras foram encaminhadas para o laboratório de Análises de Águas da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri) da Estação Experimental de Itajaí (EEI). O método utilizado foi a cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) utilizando-se colunas C18 distintas para os produtos de caráter ácido e neutros. A pré-concentração foi realizada por extração em fase sólida (SPE), utilizando cartuchos C18 SampliQ, Agilent Technologies. Os valores estão expressos em mg.L⁻¹. Por limitações metodológicas, não são relatados valores abaixo de 1,0 mg.L⁻¹. Amostras assinaladas com “+” representam produtos detectados por cromatografia líquida acoplada a espectrometria de massas (LC/MS/MS), sem determinação das concentrações. Os produtos possíveis de serem quantificados pela metodologia utilizada (HPLC) foram: imazapic, tricyclazole, imazethapyr, quinclorac, metsulfuron-methyl, bentazone, 2,4-d, penoxulan, nominee, pyrazosulfuron ethyl e cyclosulfamuron (grupo dos ácidos) e metomil, simazina e atrazina, carbofuran e dois metabólitos (3-hydroxycarbofuran e 3-ketocarbofuran), propanil, molinate, thiobencarb, fenoxaprop-ethyl, oxyfluorfen e oxadiazon (grupo dos neutros).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as amostras de água coletadas na entrada do sistema de irrigação não apresentaram valores de agrotóxicos detectáveis, e por isso não foram incluídas nos resultados. O fato de não apresentarem resíduos de agrotóxicos se explica pela localização da captação da água da ADISI em um ponto próximo à barragem do Rio São Bento, sem receber contribuição de áreas agrícolas

a montante. Na Tabela 1 constam os resultados das análises para determinação de presença de carbofurano.

Na safra 2008/2009, das 40 coletas realizadas nas áreas de drenagem foram observadas 10 amostras (25%) com resíduos de carbofurano, sendo o maior valor detectado de 5 µg.L⁻¹. Nas safras 2009/2010 fo-

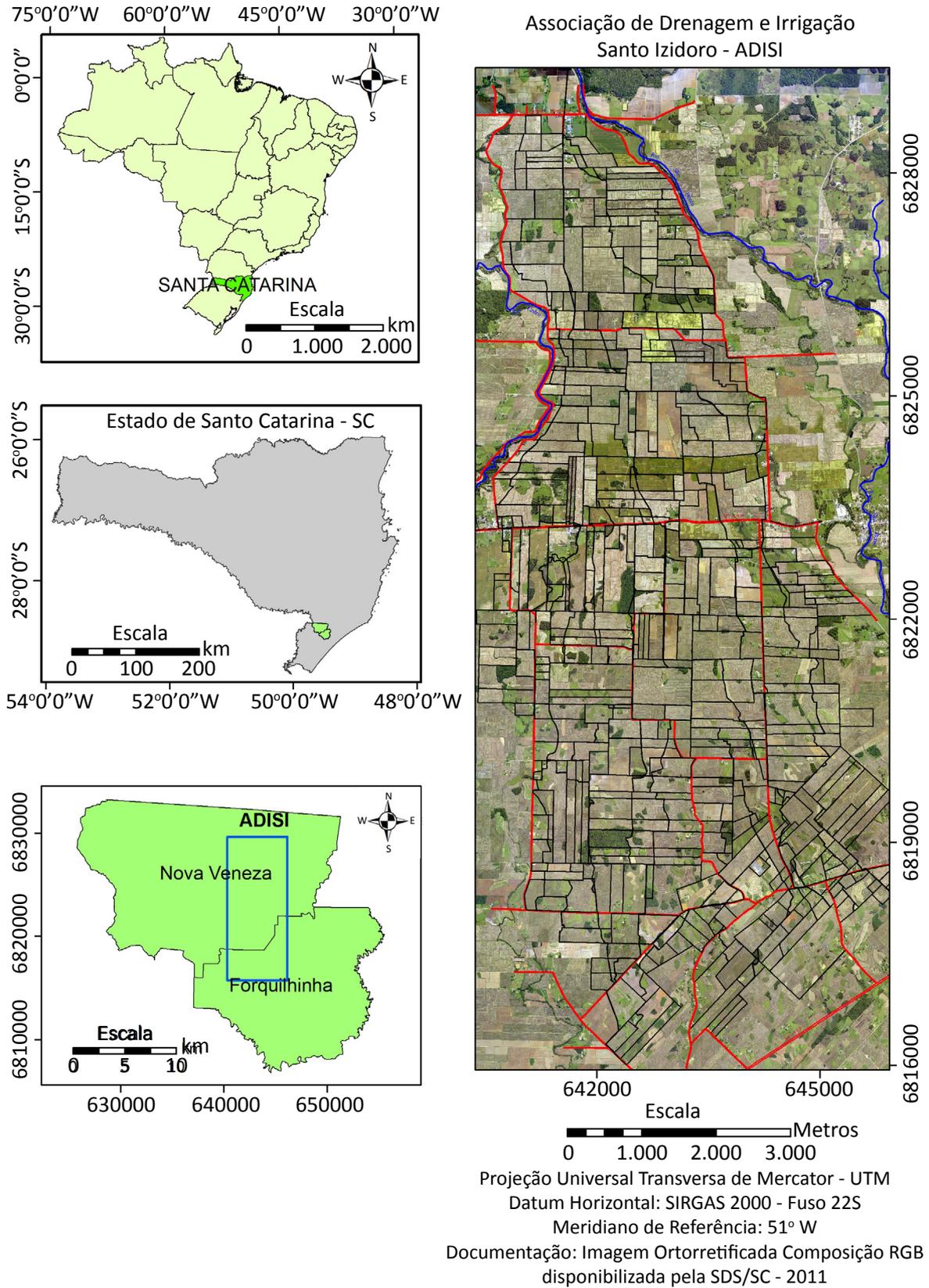


Figura 1 - Localização da área de estudo.

ram realizadas 40 análises e somente foi detectada a presença de carbofurano em 2 amostras (5,0%), e na safra 2010/2011 somente em 1 das 18 amostras (5,5%) foi identificada a presença de resíduos de carbofurano. Segundo Fernandes Neto e Sarcinelli (2009), no Brasil, a legislação vigente sobre a qualidade da água superficial não contempla todos os agrotóxicos recomen-

dados na orizicultura, e os limites máximos admitidos dependem do agrotóxico utilizado — CONAMA nº 357 (CONAMA, 2005) e complementada pela Resolução nº 430 (CONAMA, 2011). Embora tenha sido observada a presença de resíduos de carbofurano na água, as concentrações ficaram abaixo do valor máximo estabelecido pela Organização Mundial de Saúde (OMS) para

Tabela 1 - Valores encontrados das concentrações de carbofurano ($\mu\text{g.L}^{-1}$) referentes às coletas realizadas entre o período de safra da cultura, nas drenagens finais.

Data da coleta	Ponto de coleta		Data da coleta	Ponto de coleta	
	Saída 1	Saída 2		Saída 1	Saída 2
15/09/08	ND	ND	05/10/09	ND	ND
22/09/08	ND	ND	13/10/09	ND	ND
29/09/08	ND	ND	19/10/09	+	ND
06/10/08	ND	ND	03/11/09	ND	ND
13/10/08	5	3	10/11/09	ND	ND
20/10/08	1	ND	16/11/09	ND	ND
27/10/08	1	1	23/11/09	ND	ND
03/11/08	3	3	30/11/09	ND	ND
10/11/08	ND	1	07/12/09	ND	ND
17/11/08	ND	ND	14/12/09	ND	ND
24/11/08	ND	ND	21/12/09	ND	+
01/12/08	ND	ND	05/01/10	ND	ND
09/12/08	ND	ND	11/01/10	ND	ND
15/12/08	ND	ND	18/01/10	ND	ND
22/12/08	ND	ND	25/01/10	ND	ND
29/12/08	ND	ND	02/02/10	ND	ND
05/01/09	ND	ND	08/02/10	ND	ND
12/01/09	2	ND	22/02/10	ND	ND
19/01/09	2	ND	13/09/10	ND	ND
26/01/09	ND	ND	28/09/10	ND	ND
21/09/09	ND	ND	13/10/10	ND	ND
05/10/09	ND	ND	25/10/10	ND	ND
13/10/09	ND	ND	08/11/10	ND	+
19/10/09	+	ND	22/11/10	ND	ND
26/10/09	ND	ND	06/12/10	ND	ND
21/09/09	ND	ND	20/12/10	ND	ND

ND: não detectável; +: produto presente nas amostras sem concentração detectada.

água destinada ao consumo humano ($7,0 \mu\text{g.L}^{-1}$) (FLORES-GARCIA *et al.*, 2011). Já a Comunidade Europeia estabeleceu padrões de potabilidade para águas destinadas ao consumo humano de $0,1 \mu\text{g.L}^{-1}$ para 1 agrotóxico e $0,5 \mu\text{g.L}^{-1}$ para a soma de todos os agrotóxicos presentes, incluindo seus metabólitos (GRÜTZMACHER *et al.*, 2008; MARCHEZAN *et al.*, 2010).

O carbofurano é utilizado na cultura do arroz irrigado para o combate da praga conhecida como bicheira da raiz, atribuída às larvas do gorgulho aquático (*Oryzophagus oryzae*). É um inseticida sistêmico, do grupo dos carbamatos, sendo muito eficiente no controle de uma ampla gama de pragas agrícolas. Sua atuação se dá por contato ou após ingestão (MOREIRA *et al.*, 2004).

O comportamento ambiental de um pesticida pode ser estimado pelas suas características físico-químicas e pelos seus metabólitos ou produtos de degradação formados. O carbofurano é um composto relativamente solúvel em água, hidrolisado com facilidade em meio básico formando dióxido de carbono, 7-hidroxicarbofurano e metilamina. O principal metabólito do carbofurano, tanto em plantas quanto por ação microbiológica, é um produto de oxidação, o 3-hidroxicarbofurano, que também pode sofrer outras transformações e ser eliminado por exsudação ou sofrer conjugações (MOREIRA *et al.*, 2004). De acordo com Silva *et al.* (2009), devido à alta solubilidade em água e ao baixo coeficiente de adsorção ao solo, o carbofurano apresenta elevado potencial para ser transportado dissolvido em água e, assim, contaminar os mananciais hídricos superficiais.

A meia-vida em água é extremamente dependente do pH, pois a taxa de hidrólise do carbofurano aumenta na medida em que aumenta o pH do meio, fator comum em solos inundados. No ambiente, a permanência do carbofurano é controlada por processos de degradação que, dependendo do meio (solo, planta ou água), pode ser química ou biológica. O carbofurano é pouco persistente e tende a se degradar rapidamente sob condições de solo inundado (SANTIAGO-MOREIRA *et al.*, 2013). O carbofurano é altamente tóxico para peixes, pássaros e humanos e, embora possa ser facilmente degradado, pode induzir efeitos deletérios a espécies não alvo, antes que ocorra uma dissipação ambiental (MOREIRA *et al.*, 2004).

Entre os herbicidas, verificou-se que o bentazona foi identificado em maior quantidade e concentrações (Tabela 2). Das amostras coletadas na safra 2009/2010, 47,5% apresentaram resíduos de bentazona, em concentrações variando de 3,6 a $116,0 \text{mg.L}^{-1}$, enquanto na safra 2010/2011 a frequência foi de 55,0% e as concentrações foram de 6,0 a $74,0 \text{mg.L}^{-1}$. O herbicida bentazona (3-isopropyl-1H-2,1,3-benzothiadiazin-4(3H)-one 2,2-dioxide) é um herbicida pós-emergente seletivo, com uso recomendado para as culturas de soja, arroz, feijão, milho e trigo. Sua classificação toxicológica é de nível III e sua classificação ambiental é do tipo III (produto perigoso) (SCHNEIDER *et al.*, 2014). Conforme a Portaria nº 1469 do Ministério da Saúde do Brasil, de 29 de dezembro de 2001 (BRASIL, 2001), que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e à vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, para a bentazona o valor máximo permitido é de 300mg.L^{-1} (FERNANDES NETO & SARCINELLI, 2009).

O herbicida bispyribac foi detectado em 10,3% das amostras, em concentrações de até $7,8 \text{mg.L}^{-1}$. Quinclorac, thibencarb e cicloxdin foram detectados nas amostras de água coletadas na safra 2009/2010 compreendendo menos de 5,0% das amostras. Entretanto, por limitações metodológicas, não foi possível determinar as concentrações dos produtos nas amostras. Silva *et al.* (2009) também identificaram resíduos do herbicida quinclorac em 11,0% das amostras coletadas e com concentração média de 60mg.L^{-1} . Dentre os herbicidas utilizados na lavoura de arroz, o quinclorac, mimetizador de auxina, reúne flexibilidade na aplicação (pré e pós-emergência), eficiência de controle de *Echinochloa* spp. e *Aeschynomene* spp. Primel *et al.* (2005) afirmam que o agrotóxico, ao ser usado na agricultura, pode atingir águas de superfície, sendo possível dividi-los entre aqueles que podem ser transportados dissolvidos em água e aqueles que são transportados associados ao sedimento em suspensão.

Segundo Copatti, Garcia e Baldisserotto (2009), o quinclorac apresenta médio potencial de poluição de águas superficiais, enquanto o bentazone e 2,4-D são considerados de baixo potencial de poluição dessas águas. O quinclorac, comparado com os herbicidas analisados, apresenta baixa solubilidade em água e baixa sorção com o carbono orgânico do solo, o que pode influenciar a lixiviação desse herbicida. Por outro lado, o quinclorac possui um alto potencial de lixiviação no solo, com possibilidade

Tabela 2 - Resultados das análises de herbicidas em amostras coletadas nas saídas 1 e 2.

Data de coleta	Bentazone		Quinclorac		Thiobencarb		Cycloxdin		BisPyribac	
	Saída 1	Saída 2	Saída 1	Saída 2	Saída 1	Saída 2	Saída 1	Saída 2	Saída 1	Saída 2
21/09/2009	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
05/10/2009	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
13/10/2009	10,0	3,6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
19/10/2009	ND	ND	ND	ND	+	ND	+	ND	ND	ND
26/10/2009	36,0	32,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
03/11/2009	116,0	40,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
10/11/2009	78,0	28,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	7,0	ND
16/11/2009	48,0	21,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
23/11/2009	31,0	10,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
30/11/2009	9,2	3,8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
07/12/2009	7,5	3,7	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
14/12/2009	4,5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
21/12/2009	4,1	ND	ND	ND	ND	ND	+	+	5,0	ND
05/01/2010	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
11/01/2010	ND	ND	+	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
18/01/2010	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
25/01/2010	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
02/02/2010	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
08/02/2010	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
22/02/2010	14,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
13/09/2010	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
28/09/2010	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
13/10/2010	74,0	6,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	7,8	ND
25/10/2010	57,0	56,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	7,0	3,5
08/11/2010	48,0	43,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	+
22/11/2010	21,0	8,8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
06/12/2010	ND	11,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
20/12/2010	7,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
10/01/2011	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

ND: não detectável; +: produto presente nas amostras sem concentração detectada.

de contaminar águas subterrâneas. Segundo critérios de GOSS, que é um índice baseado nas características físico-químicas dos agrotóxicos, usado para estimar o potencial de contaminação de águas superficiais, o quinclorac apresenta baixo potencial de transporte, dissolvido em água e associado ao sedimento (SILVA *et al.*, 2009).

Com relação aos fungicidas, foi constatada presença de resíduos do tricyclazole em 17% das amostras, com concentrações de até 7 mg.L⁻¹ (Tabela 3). Somente uma amostra apresentou resíduo dos produtos azoxystrobin e tebuonazol, sendo essa ocorrência observada no final da safra 2009/2010. Esses produtos são aplicados principalmente no combate da brusone, que é a principal doença fúngica da cultura do arroz irrigado. As recomendações de aplicação desses produtos compreendem uma aplicação na fase denominada “emborrachamento” e a segunda aplicação na época de emissão das panículas (SANTOS & RABELO, 2008) Houve ainda a detecção de inseticidas como o malathion, identificado em 5,2% das amostras. O produto é um inseticida organofosforado recomendado no combate de algumas pragas da cultura do arroz.

Importante ressaltar que o transporte e o tempo de degradação são características importantes dos produtos aplicados na cultura de arroz irrigado, podendo variar de 7 a 36 dias (COPATTI; GARCIA; BALDISSEROTTO, 2009; MACHADO *et al.*, 2003). Segundo Copatti, Garcia e Baldisserotto (2009), no estado de Arkansas, Estados Unidos da América, resíduos dos herbicidas 2,4-D e quinclorac foram detectados em cursos de água que recebem o aporte de águas de lavouras de arroz irrigado até 36 dias após a aplicação. Há produtos com menor tempo de degradação na água das lavouras, como é o caso do clomazone (28 dias), quinclorac e bentazon (21 dias). Por outro lado, propanil e metsulfuron metil foram detectados somente até 7 a 10 dias após a aplicação.

Conforme ressaltado por Machado *et al.* (2003), a presença de resíduos de agrotóxicos na água superficial das áreas de drenagem das lavouras de arroz irrigado funcionam como indicador de práticas de manejo inadequadas, as quais deveriam evitar a saída da água contaminada da lavoura. Portanto, parece que mesmo com recomendações de manejo já estabelecidas, há falhas na condução da cultura que resultam na contaminação dos recursos hídricos (SOSBAI, 2012). Essas recomendações não são novas e envolvem uso correto dos agrotóxicos, manejo da água, proteção das taipas, além do uso de produtos menos agressi-

vos ao ambiente, e encontram-se descritas em trabalhos como os de Fritz *et al.* (2008) e Martini *et al.* (2012).

Ainda, deve ser considerado que a legislação não define valores para as concentrações máximas admitidas na água superficial para a maioria dos produtos utilizados na lavoura de arroz irrigado. Assim, há necessidade de revisão e atualização dessas legislações para contemplar esses agrotóxicos de ampla utilização nas lavouras de arroz irrigado.

O uso de pesticidas tem contribuído para o sucesso da agricultura atual, porém, com reconhecidos efeitos negativos à saúde humana e ao meio ambiente, em especial quando feito de forma indiscriminada. Fungicidas, herbicidas e inseticidas têm ação além dos organismos alvos e, dependendo da extensão dessa ação, as consequências podem ser graves, como a redução da diversidade de espécies (STEHLÉ & SCHULZ, 2015). Considerar essa redução nos ambientes aquático e terrestre assume dimensões difíceis de delimitar em suas consequências. Em humanos ou animais as intoxicações agudas, sejam elas acidentais ou intencionais, são facilmente perceptíveis (BULCÃO *et al.*, 2010; MEYER; RESENDE; ABREU, 2007). Por outro lado, os efeitos em longo prazo são de avaliação mais complexa, tanto para humanos quanto para o ambiente. A dificuldade nessa avaliação se deve em parte porque é necessário tempo para se observar essas alterações no ambiente, e muitas vezes quando se manifestam, os produtos saem do mercado. Por exemplo, há considerável volume de estudos com organoclorados e fosforados, que já há tempos vem sendo substituídos por piretroides, os quais se apresentam tóxicos para peixes e outras espécies (MONTANHA & PIMPÃO, 2012). Outro fator que contribui para a dificuldade na avaliação dos efeitos tóxicos é o grande número de espécies moleculares e o reduzido trabalho de monitoramento sistemático desses produtos no ambiente, considerando ainda as diferentes matrizes em que esses produtos podem estar presentes.

As vias principais de ingestão de pesticidas pelo homem e animais são por meio da contaminação da água e alimentos. Produtos como o carbofurano ainda têm aplicações na agricultura e ações tóxicas comprovadas em humanos e aves, por exemplo, ao agir como inibidor a acetilcolinesterase (MEYER; RESENDE; ABREU, 2007; ODINO, 2010). Efeitos em mais longo prazo dos pesticidas em humanos têm sido objeto de muitos estudos muito bem resumidos por Andersson, Tago e Treich (2014). Para avaliar melhor os efeitos de longo prazo dos pesticidas sobre a

Tabela 3 - Resultados de análise de resíduos de fungicida e inseticida (mg.L⁻¹) nas águas de irrigação de arroz coletadas nas saídas 1 e 2.

Data de Coleta	Tricyclazole		Azoxystrobina		Tebuconazol		Malathion	
	Saída 1	Saída 2	Saída 1	Saída 2	Saída 1	Saída 2	Saída 1	Saída 2
21/09/2009	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
05/10/2009	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
13/10/2009	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
19/10/2009	ND	ND	ND	ND	ND	ND	+	ND
26/10/2009	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
03/11/2009	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
10/11/2009	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
16/11/2009	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
23/11/2009	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
30/11/2009	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
07/12/2009	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
14/12/2009	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
21/12/2009	ND	+	ND	ND	ND	ND	ND	+
05/01/2010	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
11/01/2010	1,6	3,7	ND	ND	ND	ND	ND	ND
18/01/2010	1,6	1,6	ND	ND	ND	ND	ND	ND
25/01/2010	3,1	1,6	ND	ND	ND	ND	ND	ND
02/02/2010	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
08/02/2010	ND	ND	ND	ND	ND	ND	+	ND
22/02/2010	+	ND	+	ND	+	ND	ND	ND
13/09/2010	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
28/09/2010	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
13/10/2010	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
25/10/2010	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
08/11/2010	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
22/11/2010	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
06/12/2010	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
20/12/2010	7,0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
10/01/2011	1,8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

ND: não detectável; +: produto presente nas amostras sem concentração detectada.

saúde humana, relações aparentemente inusitadas foram estabelecidas entre pesticidas e a doença de Parkinson (FITZMAURICEA *et al.*, 2013). Já o quinclorac, outro produto detectado no presente estudo, apresenta risco ao ambiente com efeitos diretos no fitoplâncton e indiretos no zooplâncton (RESGALLA JUNIOR *et al.*, 2007). Segundo

Stehle e Schulz (2015), a determinação das doses tidas como seguras são realizadas em ambientes controlados, o que pode não ser verdadeiro quando o pesticida estiver no ambiente. O monitoramento permite, além de avaliar a presença de resíduos agrotóxicos, verificar também se os limites estabelecidos são cumpridos.

CONCLUSÕES

Com o monitoramento durante três ciclos de cultivo de uma área de cultivo de arroz, utilizando água oriunda de uma bacia de captação sem atividade agrícola, pode-se concluir que os agrotóxicos utilizados nas lavouras de arroz irrigado contaminam os recursos hídricos a jusante dessas. Foram encontrados resíduos de carbofurano em amostras de água de drenagem coletadas nos 3 anos monitorados, com concentrações de até 5 mg.L⁻¹. Também foi constatado que a maioria (81%) das amostras de água superficial das áreas de drenagem das lavouras de arroz irrigado continha resíduos de pelo menos um herbicida. Dentre os her-

bicidas estudados, o bentazona foi identificado em maior frequência (50%), no entanto, também foram encontrados resíduos de bispyribac sodium, quinclorac e thiobencarb. Entre os fungicidas, destacam-se o tricyclazole, azoxystrobin e tebuonazol. Foram encontrados resíduos do inseticida malathion em 5,2% das amostras, porém em concentrações abaixo do limite detectável. Conclui-se, dessa forma, que as práticas de manejo inadequadas contribuem para a contaminação ambiental com agrotóxicos, que pode ser agravada quando produtos utilizados na cultura não estão contemplados na legislação, dificultando a fiscalização.

REFERÊNCIAS

- ANDERSSON, H.; TAGO, D.; TREICH, N. Pesticides and health: a review of evidence on health effects, valuation of risks, and benefit-cost analysis. IDEI-825. Toulouse: Toulouse School of Economy; 2014. Disponível em: <http://idei.fr/sites/default/files/medias/doc/wp/2014/wp_idei_825.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2016.
- ANDRADE, M. H.; SOUZA, C. F.; VARALLO, A. C. T.; PERES, J. G. Impactos da produção do arroz inundado na qualidade de água do rio Paraíba do Sul, trecho Taubaté, SP, Brasil. *Ambiente & Água*, v. 5, n. 1, p. 114-133, 2010.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Portaria nº 1.469, de 29 de dezembro de 2000. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União; 2001.
- BULCÃO, R. P.; TONELLO, R.; PIVA, S. J.; SCHMITT, G. C.; EMANUELLI, T.; DALLEGRAVE, E.; GARCIA, S. C. Intoxicação em cães e gatos: diagnóstico toxicológico empregando cromatografia em camada delgada e cromatografia líquida de alta pressão com detecção ultravioleta em amostras estomacais. *Ciência Rural*, v. 40, n. 5, p. 1109-1113, 2010.
- CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União; 2005.
- CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 430 de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Brasília: Diário Oficial da União; 2011.
- COPATTI, C. E.; GARCIA, L. O.; BALDISSEROTTO, B. Uma importante revisão sobre o impacto de agroquímicos na cultura de arroz em peixes. *Biota Neotropical*, v. 9, n. 4, p. 235-242, 2009.

- FERNANDES NETO, M. L. & SARCINELLI, P. N. Agrotóxicos em água para consumo humano: uma abordagem de avaliação de risco e contribuição ao processo de atualização da legislação brasileira. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 14, n. 1, p. 69-78, 2009.
- FLORES-GARCIA, M. E.; MOLINA-MORALES, Y.; BALZA-QUINTERO, A.; BENÍTEZ-DIAS, P. R.; CONTRERAS-MIRANDA, L. Resíduos de plaguicidas em águas para consumo humano em uma comunidade agrícola del estado Mérida, Venezuela. *Investigación Clínica*, v. 52, n. 4, p. 295-311, 2011.
- FITZMAURICEA, A. G.; RHODES, S. L.; LULLA, A.; MURPHY, N. P.; LAM, H. A.; O'DONNELL, K. C.; BARNHILL, L.; CASIDA, J. E.; COCKBURN, M.; SAGASTI, A.; STAHL, M. C.; MAIDMENT, N. T.; RITZ, B.; BRONSTEIN, J. M. Aldehyde dehydrogenase inhibition as a pathogenic mechanism in Parkinson disease. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 110, n. 2, p. 636-641, 2013.
- FREITAS, C. A. Mãos dadas pela produtividade da lavoura. *Agropecuária Catarinense*, v. 22, n. 2, p. 33-35, 2009.
- FRITZ, L. L.; HEINRICH, E. A.; PANDOLFO, M.; SALLES, S. M.; OLIVEIRA, J. V.; FIUZA, L. M. Agroecossistemas orizícolas irrigados: insetos-praga, inimigos naturais e manejo integrado. *Oecologia Brasiliensis*, v. 12, n. 4, p. 720-732, 2008.
- GASPARINI, M. F. & VIEIRA, P. F. A (in)visibilidade social da poluição por agrotóxicos nas práticas de rizicultura irrigada: síntese de um estudo de percepção de risco em comunidades sediadas na zona costeira de Santa Catarina. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, n. 21, p. 115-127, 2010.
- GRÜTZMACHER, D. D.; GRÜTZMACHER, A. D.; AGOSTINETTO, D.; LOECK, A. E.; PEIXOTO, S. C.; ZANELLA, R. Monitoramento de agrotóxicos em dois mananciais hídricos no sul do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 12, n. 6, p. 632-637, 2008.
- KISCHEL, E.; FIDELIS, R. R.; SANTOS, M. M.; BRANDÃO, D. R.; CANCELLIER, E. L.; NASCIMENTO, I. R. Efeito do nitrogênio em genótipo de arroz cultivados em várzea úmida do Estado do Tocantins. *Revista Ceres*, v. 58, n. 1, p. 84-89, 2011.
- MACEDO, V. R. M.; MARCHEZAN, E.; SILVA, P. R. F.; ANGHINONI, I.; AVILA, L. A. *Manejo da água e da adubação para maior sustentabilidade*. Cachoeirinha: IRGA, 2007. 20 p. Divisão de Pesquisa. Boletim Técnico, 3.
- MACHADO, S. L. O.; MARCHEZAN, E.; VILLA, S. C. C.; CAMARGO, E. R. Os recursos hídricos e a lavoura arrozeira. *Ciência & Ambiente*, v. 27, n. 2, p. 97-106, 2003.
- MARCHEZAN, E.; SARTORI, G. M. S.; AVILA, L. A.; MACHADO, S. L. O.; ZANELLA, R.; PRIMEL, E. G.; MACEDO, V. R. M.; MARCHEZAN, M. G. Resíduos de agrotóxicos na água de rios da Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. *Ciência Rural*, v. 40, n. 5, p. 1053-1059, 2010.
- MARTINI, L. F. D.; AVILA, L. A.; CASSOL, G. V.; ZANELLA, R.; MACHADO, S. L. O.; MARQUES, M. S.; DE VICARI, M. Transporte de agrotóxicos em lavoura de arroz irrigado sob três manejos de irrigação. *Planta Daninha*, v. 30, n. 4, p. 799-808, 2012.
- MEYER, T. N.; RESENDE, I. L. C.; ABREU, J. C. Incidência de suicídios e uso de agrotóxicos por trabalhadores rurais em Luz (MG), Brasil. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*, v. 32, n. 116, p. 24-30, 2007.
- MONTANHA, F. P. & PIMPÃO, C. T. Efeitos toxicológicos de piretróides (cipermetrina e deltametrina) em peixes. *Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária*, v. 9, n. 18, 2012.
- MOREIRA, J. C.; PERES, F.; SIMÕES, A. C.; PIGNATI, W. A.; DORES, E. C.; VIEIRA, S. N.; STRÜSSMANN, C.; MOTT, T. Ground and rainwater contamination by pesticides in an agricultural region of Mato Grosso state in central Brazil. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 17, n. 6, p. 1557-1558, 2012.
- MOREIRA, M. R. S.; MUCCI, J. L. N.; ABAKERL, R. B. Monitoramento dos resíduos de carbofurano em área de produção de arroz irrigado – Taubaté, São Paulo. *Arquivos do Instituto Biológico*, v. 71, n. 2, p. 221-226, 2004.

- MOURA, M. A. M.; FRANCO, D. A. S.; MATALLO, M. B. Impacto de herbicidas sobre os recursos hídricos. *Tecnologia & Inovação Agropecuária*, v. 1, n. 1, p. 142-151, 2008.
- ODINO, M. *Measuring the conservation threat to birds in Kenya from deliberate pesticide poisoning: a case study of suspected carbofuran poisoning using Furadan in Bunyala Rice Irrigation Scheme*. Wildlifiedirect & National Museums of Kenya, 2010. 36 p.
- PEREIRA, V. S. & MARTINS, S. R. Indicadores de sustentabilidade do agroecossistema arroz orgânico com manejo de água contínuo na bacia do Araranguá (SC) mediante aplicação da metodologia MESMIS. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, n. 15, p. 56-77, 2010.
- POLEZA, F.; SOUZA, R. C.; STRAMOSK, C. A.; RORIG, L. R.; RESGALLA JUNIOR, C. Avaliação da toxicidade aguda para organismo teste *Vibrio fischeri* dos principais herbicidas e inseticidas aplicados na lavoura de arroz irrigado dos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. *Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente*, v. 18, p. 107-114, 2008.
- PRIMEL, E. G.; ZANELLA, R.; KURZ, M. H. S.; GONÇALVES, F. F.; MACHADO, S. L. O.; MARCHEZAN, E. Poluição das águas por herbicidas utilizados no cultivo do arroz irrigado na região central do estado do Rio Grande do Sul, Brasil: predição teórica e monitoramento. *Química Nova*, v. 28, n. 4, p. 605-609, 2005.
- RESGALLA JUNIOR, C.; NOLDIN, J. A.; TAMANAHA, M. S.; DESCHAMPS, F. C.; EBERHARDT, D. S.; RÖRIG, L. R. Risk analysis of herbicide quinclorac residues in irrigated rice areas, Santa Catarina, Brazil. *Ecotoxicology*, v. 16, n. 8, p. 565-571, 2007.
- RIBEIRO, M. L.; LOURENCETTI, C.; PEREIRA, S. Y.; MARCHI, M. R. R. Contaminação de águas subterrâneas por pesticidas: avaliação preliminar. *Química Nova*, v. 30, n. 3, p. 688-694, 2007.
- SANTIAGO-MOREIRA, M. R.; MUCCI, J. J. N.; CISCATO, C. H. P.; MONTEIRO, S. H.; ABAKERLI, R. B. Estudo do inseticida carbofurano em solo e sedimento de área de produção de arroz irrigado e controle do gorgulho aquático *Oryzophagus oryzae*, Taubaté, São Paulo, Brasil. *Arquivos do Instituto Biológico*, v. 80, n. 1, p. 125-128, 2013.
- SANTOS, A. B. & RABELO, R. R. *Informações técnicas para a cultura do arroz irrigado no Estado do Tocantins*. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA, 2008. 136 p.
- SCHNEIDER, M. V.; ROSA, M. F.; LOBO, V. S.; BARICCATTI, R. A. Degradação fotolítica de bentazona com TIO₂. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 19, n. 1, p. 61-66, 2014.
- SCORZA JUNIOR, R. P. Dissipação do herbicida clomazone na cultura de arroz irrigado em Rio Brillhante, MS. Dourados: Embrapa, 2011. 5 p. Comunicado Técnico 167.
- SILVA, D. R. O.; AVILA, L. A.; AGOSTINETTO, D.; DAL MAGRO, T.; OLIVEIRA, E.; ZANELLA, R.; NOLDIN, J. A. Monitoramento de agrotóxicos em águas superficiais de regiões orizícolas no sul do Brasil. *Ciência Rural*, v. 39, n. 9, p. 2383-2389, 2009.
- SILVA, D. R. O.; AVILA, L. A.; AGOSTINETTO, D.; BUNDT, A. D. C.; PRIMEL, E. G.; CALDAS, S. S. Ocorrência de agrotóxicos em águas subterrâneas de áreas adjacentes a lavouras de arroz irrigado. *Química Nova*, vol. 34, n. 5, p. 748-752, 2011.
- SOSBAI – SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. *Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil*. Itajaí: SOSBAI; 2012. 179 p.
- STEHLE, S. & SCHULZ, R. Agricultural insecticides threaten surface waters at the global scale. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 112, n. 18, p. 5750-5755, 2015.
- WILSON, A. L.; WATTS, R. J.; STEVENS, M. M. Effects of different management regimes on aquatic macroinvertebrate in Australian rice fields. *Ecological Research*, v. 23, n. 3, p. 565-572, 2008.

DESEMPENHO AMBIENTAL DOS CACHOS DE FRUTOS DE DENDÊ DE PRODUÇÕES CONVENCIONAL E ORGÂNICA NA REGIÃO DO BAIXO SUL DA BAHIA

ENVIRONMENTAL PERFORMANCE OF PALM FRUIT BUNCHES FROM CONVENTIONAL AND ORGANIC PRODUCTION IN THE SOUTH BAHIA REGION

Ittana de Oliveira Lins

Mestre em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente pela Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC). Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da UESC – Ilhéus (BA), Brasil.

Henrique Leonardo Maranduba

Mestre em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente pela Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC). Doutorando do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da UESC – Ilhéus (BA), Brasil.

Luciano Brito Rodrigues

Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Minas Gerais (UFMG). Professor Titular no Departamento de Tecnologia Rural e Animal da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) – Itapetinga (BA), Brasil.

José Adolfo de Almeida Neto

Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade de Kassel, Alemanha, reconhecido pela Universidade de São Paulo (USP). Professor Titular no Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais da UESC – Ilhéus (BA), Brasil.

Endereço para correspondência:

Ittana de Oliveira Lins – Rua Osmundo Marques, 37 – São Francisco – 45659-200 – Ilhéus (BA), Brasil – E-mail: ittanalins@gmail.com

RESUMO

Este trabalho avaliou o desempenho ambiental dos cachos de frutos de dendê na região do Baixo Sul do estado da Bahia, comparando os cultivos convencional e orgânico. A avaliação seguiu os passos indicados pelas normas ISO 14040 e 14044 para avaliar as categorias de impacto: acidificação, aquecimento global e uso de recursos não renováveis. O cultivo orgânico apresentou o melhor desempenho, reduzindo, comparativamente ao cultivo convencional, os impactos em 27,6% para o aquecimento global, 69,0% para o uso de recursos não renováveis e 89,4% para a acidificação. O principal fluxo elementar no sistema de cultivo convencional foi o uso de fertilizantes sintéticos, devido a seu elevado consumo energético e emissões na fase de uso. Para o cultivo orgânico, o principal fluxo elementar foi o transporte do fertilizante orgânico, com consumo de recursos fósseis (diesel) e emissões relacionadas ao aquecimento global e à acidificação. Apesar dos indicadores favorecerem o cultivo orgânico, é importante considerar a interdependência entre os sistemas produtivos.

Palavras-chave: avaliação do ciclo de vida; impacto ambiental; sistemas de cultivo; *Elaies guineenses*.

ABSTRACT

This study evaluated the environmental performance of palm fruit bunches in the Southern region of Bahia state, Brazil, comparing the conventional and organic crops. The assessment followed the steps in ISO 14040 and 14044 to assess the impact categories: acidification, global warming and use of non-renewable resources. In comparison to conventional crops, organic crops presented the best environmental performance, reducing the impacts in 27.6% for global warming, 69.0% for non-renewable resources and 89.4% for acidification. The main elementary flow in conventional crops system has been the use of synthetic fertilizers, due to their high energy demand and direct emissions in the use phase. In organic crops, the main elementary flow has been the organic fertilizers transportation, due to fossil (diesel) burning and emissions related to global warming and acidification. Although the organic crops present the best results, compared with conventional crops, it is important to consider the production systems interdependence.

Keywords: life cycle assessment; environmental impact; farming systems; *Elaies guineenses*.

INTRODUÇÃO

As atividades agrícolas, além de fornecedoras de alimentos para o consumo humano, são fontes de matérias-primas para diversas atividades econômicas. Por outro lado, a demanda das atividades agrícolas modernas por grandes quantidades de recursos naturais, renováveis ou não renováveis, resulta em impactos negativos ao meio ambiente (CLAUDINO & TALAMINI, 2013). Tais impactos podem variar em função de diversos fatores, como a tecnologia empregada, o manejo praticado e as condições edafoclimáticas do local onde a cultura está sendo desenvolvida (NTIAMOAH & AFRA-NE, 2008; OFORI-BAH & ASAFU-ADJAVE, 2011; BESSOU *et al.*, 2016a, 2016b; CASTANHEIRA & FREIRE, 2016).

Associados ao processo de modernização e intensificação de áreas de cultivo, com o objetivo principal de aumentar a produção e a produtividade, o manejo em diversas culturas inclui práticas como o desmatamento e o uso intensivo de insumos agrícolas originados de fontes não renováveis, as quais são causadoras de impactos ambientais à montante e à jusante da atividade agrícola (GALHARTE & CRESTANA, 2010; HAPPE *et al.*, 2011; TUOMISTO *et al.*, 2012; SIREGAR *et al.*, 2015; BESSOU *et al.*, 2016a, 2016b).

A partir da década de 1960, com a Revolução Verde, as atividades agrícolas foram intensificadas pela utilização em grande escala de adubos sintéticos solúveis, pesticidas, herbicidas e pela mecanização agrícola intensiva, associada ao uso de sementes melhoradas ou modificadas geneticamente. Tais práticas, as quais passaram desde então a caracterizar a agricultura convencional, resultaram em um aumento tanto da produtividade como também dos consequentes impactos ambientais (ALBERGONE & PELAEZ, 2007).

Contrapondo esse modelo de produção e manejo agrícolas, denominado neste trabalho como “cultivo convencional”, tem-se o modelo de produção e manejo orgânico. Também conhecido como “agricultura orgânica” (neste trabalho denominado “cultivo orgânico”), tal prática apresenta-se como uma proposta promissora para a redução dos impactos ambientais negativos, identificados no modelo convencional, especialmente com relação ao uso de insumos agrícolas de origem não renovável, uma vez que prescinde do uso dos insumos já mencionados (NEMECEK *et al.*, 2011).

Focando na prática de adubação como uma das características que diferencia esses dois tipos de manejos agrícolas, Reinhardt, Rettenmaier e Gärtner (2007) constataram que adubos sintéticos solúveis garantiram elevadas produtividades em sistemas de cultivo conduzidos sob o manejo convencional. Porém, Choo *et al.* (2011) verificaram danos irreversíveis aos sistemas envolvidos, tais como contaminação do solo e emissão de gases poluentes para a atmosfera, cujos impactos foram identificados tanto na fase de uso como na fase de produção desses insumos.

Tomando como referência uma das principais culturas agrícolas da região Baixo Sul da Bahia, o dendê (*Elaeis guineenses* L.) tem sido cultivado sob o modelo de monocultura convencional, contando com mais de 53 mil ha de área em produção (IBGE, 2012). O dendezeiro, espécie de palmeira oleaginosa pertencente à família *Arecaceae*, destaca-se das demais oleaginosas pela elevada produtividade de óleo, com rendimento anual de 4,0 a 6,0 t.ha⁻¹.a⁻¹, podendo produzir até 10 vezes mais óleo do que outras oleaginosas, o que o torna a espécie vegetal que apresenta a maior produtividade em óleo bruto (SUMATHI; CHAI; MOHAMED, 2008; QUEIROZ; FRANÇA; PONTE, 2012). As formas de cultivo e manejo convencional adotadas para a cultura do dendê têm causado diversos impactos negativos ao ambiente, destacando-se a perda de biodiversidade e alterações das propriedades físico-químicas do solo (REINHARDT; RETTENMAIER; GÄRTNER, 2007; SCHMIDT, 2007, 2010). A expansão de grandes áreas cultivadas nesse modelo, mesmo considerando o uso de áreas degradadas e a substituição de áreas de cultivo subspontâneo — populações naturais de dendezeiros predominantemente da variedade dura, que se expandiram em áreas abertas, exploradas pelo sistema extrativista — podem provocar significativos impactos ambientais negativos (CORLEY, 2009). Este trabalho avaliou o desempenho ambiental dos cachos de frutos de dendê produzidos na região Baixo Sul do estado da Bahia, comparando dois sistemas de cultivo, o convencional e o orgânico, de dendê da variedade *Tenera*, fruto do cruzamento das variedades dura e *pisifera*, sendo a variedade que predomina nos cultivos comerciais de dendê.

METODOLOGIA

Área de estudo

A área de estudo está inserida no Bioma Mata Atlântica, compreendendo dois municípios da região Baixo Sul do estado da Bahia (Figura 1). Nessa região são cultivados 54.031 ha, cuja produção, segundo o censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2014, foi de 204.961 toneladas de cachos de frutos de dendê (IBGE, 2012).

O clima predominante nessa região é do tipo B2r (classificação de Thornthwaite), úmido com pequena ou nenhuma

deficiência hídrica mensal e com pequenas oscilações de temperatura do ar ao longo do ano. Possui ainda forte influência do clima litorâneo, com umidade relativa média em torno de 80 a 90% e velocidade média dos ventos entre 1,29 e 2,9 m.s⁻¹, dependendo dos meses do ano (ALMEIDA, 2001). Os solos são bastante variados, predominando os Latossolos Podzólicos (profundos, típicos de clima úmido e de baixa fertilidade).

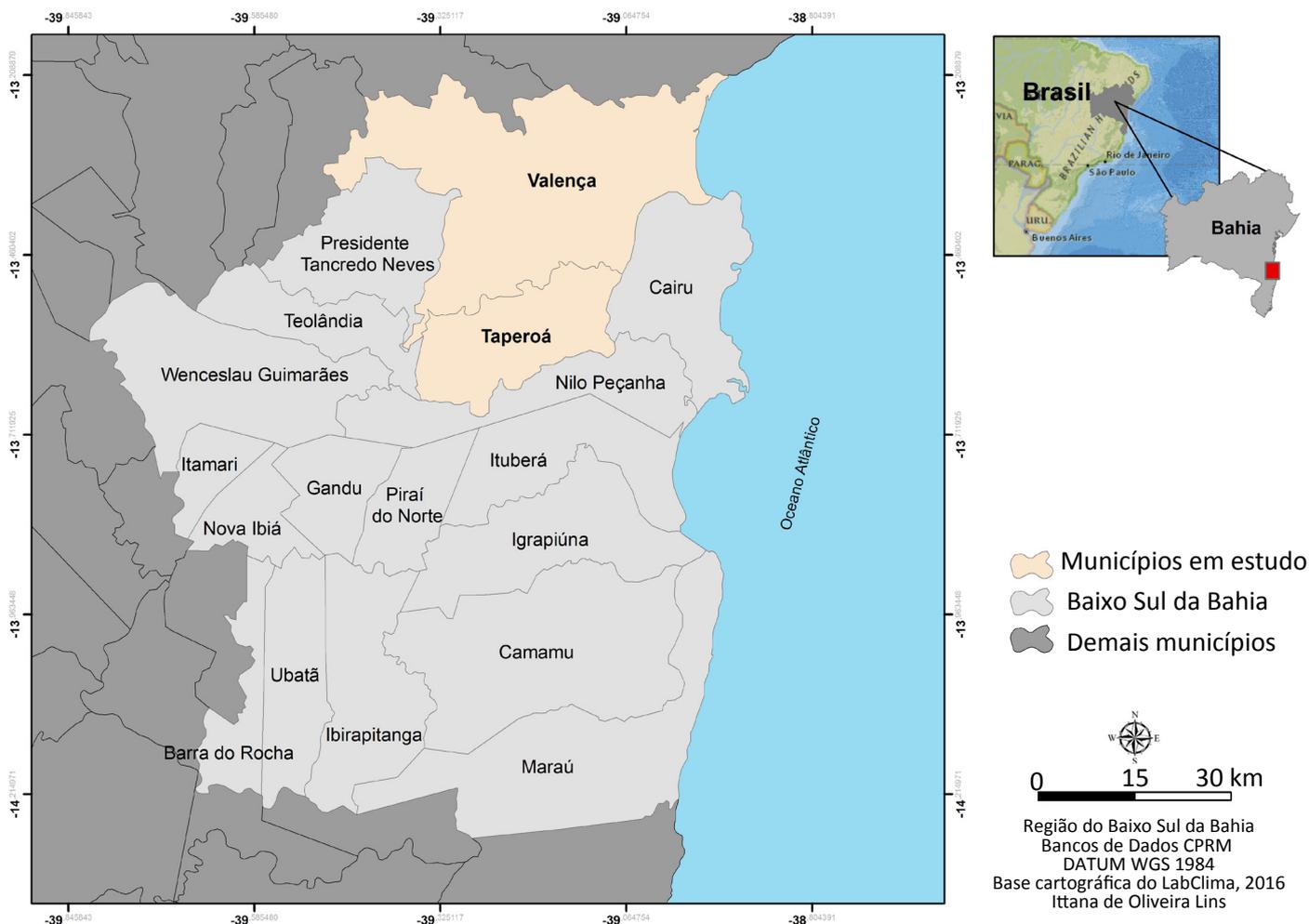


Figura 1 – Região Baixo Sul, Bahia, destacando-se os dois municípios onde estão localizadas as fazendas de cultivo de dendezeiros, consideradas neste estudo.

Método de pesquisa

Este trabalho foi realizado seguindo os princípios da metodologia da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), nor-

matizada segundo as ISO 14040 e 14044 (ISO, 2006a, 2006b). Conforme previstas na ISO, procedeu-se a mo-

delagem dos sistemas de produto, a construção do inventário de dados, a análise dos fluxos de massa e de energia e a avaliação dos impactos ambientais no ciclo de vida dos frutos nos cultivos convencional (CC) e orgânico (CO).

O método considerado para avaliação dos impactos ambientais foi o desenvolvido pelo Instituto de Ciências Ambientais da Universidade de Leiden, o *Centrum voor Milieuwetenschappen Leiden (CML 2)*, *baseline 2000 com normalização World 1995* (GUINÉE, 2001; GRANT; RIES; THOMPSON, 2016; CASTANHEIRA & FREIRE, 2016). As categorias de impacto ambiental utilizadas do método CML 2 foram definidas conforme sua relevância para o estudo em questão, a saber: acidificação — por avaliar as emissões de óxido de nitrogênio (NO_x), dióxido de enxofre (SO_x) e amônia (NH_3) e a deposição de ácidos nítrico e sulfúrico sobre a vegetação e os recursos hídricos, originados das práticas de adubação —; aquecimento global (por avaliar as emissões de CO_2 e de outros gases causadores do efeito estufa para a atmosfera, devido, principalmente, ao consumo de combustível fóssil (CF) nas práticas de manejo e no ciclo de vida dos insumos agrícola); e uso de recursos não renováveis (para avaliar o consumo total de energia e de recursos naturais).

A fronteira estabelecida para o sistema de produto baseou-se na abordagem “berço a portão”, sendo consideradas as etapas relacionadas à produção agrícola dos cachos de frutos de dendê. Os inventários de dados foram construídos a partir de dados primários

Descrição do processo

Foram analisados comparativamente os cachos de frutos de dendê da variedade *Tenera* produzidos por meio do CC e CO (Quadro 1).

Os sistemas de cultivo são caracterizados pelas mesmas etapas: produção de mudas, preparo da área, plantio, tratamentos culturais, colheita e transporte, conforme representação na Figura 2. A diferença entre eles está no tipo dos insumos agrícolas utilizados nas etapas preparo da área, plantio e tratamentos culturais, conforme entradas indicadas pela representação pontilhada, demonstrando as diferenças entre os dois sistemas (*inputs*).

Os fluxos mássicos e energéticos de fertilizantes e consumo de diesel que entram e saem dos sistemas foram

e secundários. Os dados primários foram coletados por meio de visitas às empresas produtoras e processadoras de dendê na região Baixo Sul da Bahia, utilizando-se observação direta, aplicação de formulários aos técnicos agrícolas responsáveis pelo cultivo e consulta telefônica a técnicos e especialistas. Os dados levantados foram validados por especialistas na cultura do dendê da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), em Ilhéus, na Bahia, por meio de reuniões técnicas. Os dados primários obtidos nas coletas referem-se às informações agronômicas sobre o manejo da cultura, tais como tipo e quantidade de cada insumo agrícola utilizado e práticas de manejo adotadas. No caso da mecanização, foram levantadas informações de equipamentos utilizados (se necessário), consumo de combustível e produtividade.

Os dados secundários são referentes às especificações técnicas dos insumos agrícolas e consumo de combustível das máquinas agrícolas utilizadas, obtidos a partir de artigos científicos, relatórios técnicos das empresas e da CEPLAC e complementados com a base de dados ecoinvent versão 2.2 (ecoinvent Centre).

Os dados foram coletados com auxílio de planilhas eletrônicas e incluídos no *software* proprietário SimaPro 8.0 (Pré Consultant), para manuseio, modelagem dos sistemas de cultivo, cálculos de caracterização, avaliação de impacto, análise de incertezas e interpretação. As incertezas foram estimadas com base na matriz Pedigree associada à simulação de Monte Carlo (1.000 interações, intervalo de confiança de 95%) (CIROTH *et al.*, 2013).

processados e normalizados para a unidade funcional de 18.720 kg de cachos de frutos de dendê, o equivalente à produtividade média de 1 ha.a⁻¹ (Tabela 1).

Os impactos relacionados à infraestrutura das propriedades agrícolas e relacionados à ocupação e transformação do uso da terra, tais como a vegetação existente, e/ou prática de desmatamento, foram desconsideradas. Foi desconsiderado na alocação dos impactos entre os sistemas que, para o suprimento em cachos vazios para 1 ha de cultivo orgânico de dendê, foi necessário o uso dos cachos vazios de 8 ha de cultivo convencional.

Quadro 1 – Descrição dos sistemas de cultivo avaliados.

Cultivo convencional	Cultivo orgânico
Sistema modelado a partir de dados médios para os aspectos ambientais do ciclo de vida dos cachos frutos de dendê, originados de sistemas de cultivo de dendê <i>Tenera</i> sob o manejo convencional, incluindo recomendação de adubação, consumo de combustível fóssil na mecanização agrícola e etapas de transporte, obtidos nas áreas agrícolas das duas principais empresas que cultivam dendezeiros e extraem o óleo de dendê, instaladas nos municípios de Taperoá e de Nazaré, no estado da Bahia.	Sistema modelado a partir de dados médios para os aspectos ambientais do ciclo de vida dos cachos de frutos de dendê <i>Tenera</i> sob manejo orgânico, incluindo consumo de combustível fóssil na mecanização agrícola e etapas de transporte. Os dados de recomendação de adubação foram baseados em Viégas e Botelho (2000, p. 267), considerando a mesma produtividade de cachos de frutos de dendê estimada para o cultivo convencional. Os aspectos ambientais foram estimados a partir de parâmetros técnicos obtidos por consulta à empresa nacional com área de produção orgânica certificada pelo Instituto Biodinâmico.

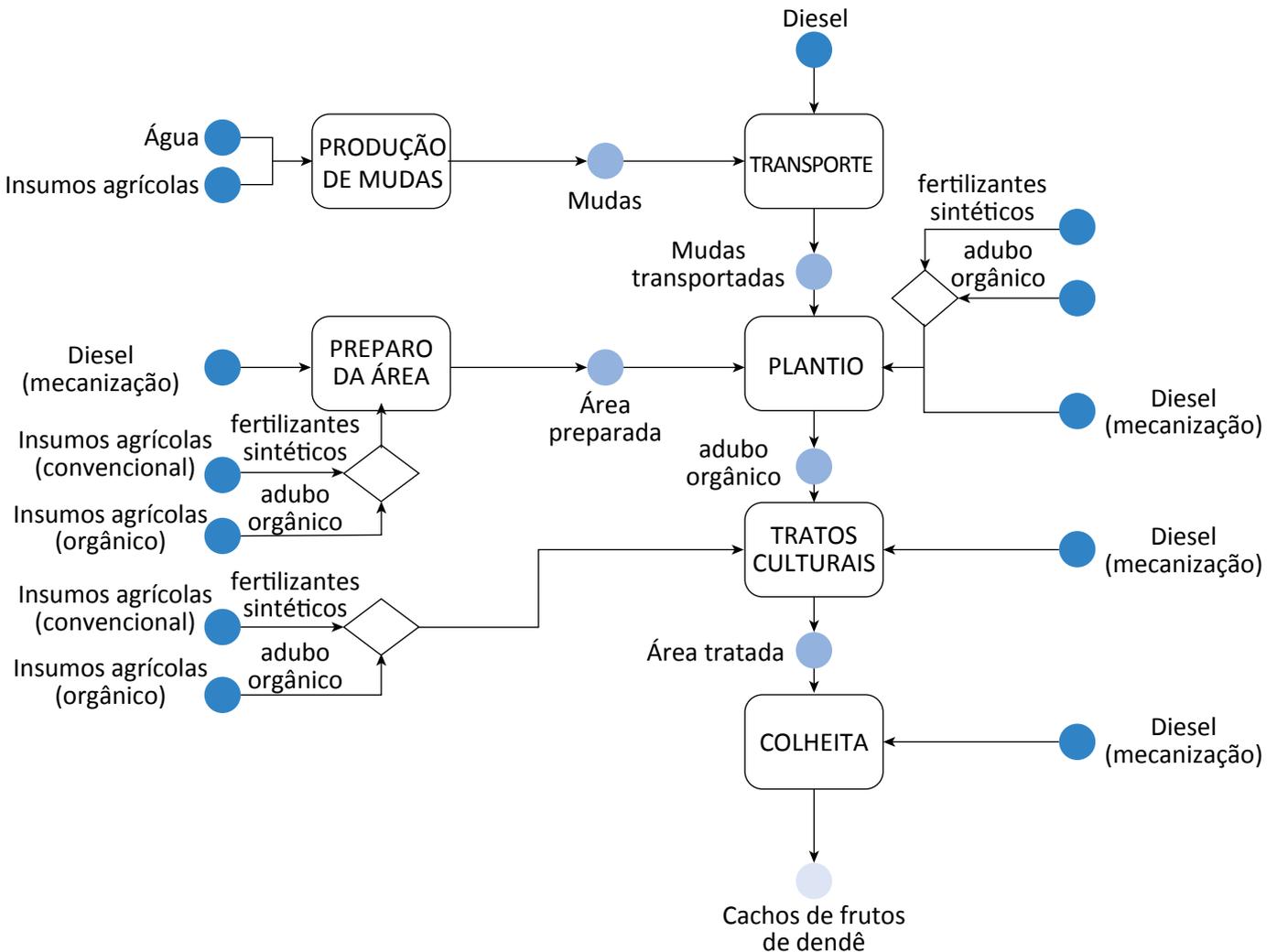


Figura 2 – Fluxograma simplificado da produção de cachos de frutos de dendê, conforme os dois sistemas de cultivo analisados, indicando a fronteira deste estudo e os respectivos *inputs*.

Tabela 1 – Inventário do ciclo de vida com dados normalizados para a unidade funcional de 18.720,0 kg.a⁻¹, de cachos de frutos de dendê sob os cultivos convencional e orgânico.

Aspectos ambientais (inputs)	Unidade	Cultivo convencional ^{1,2}	Cultivo orgânico ^{3,2}
Consumo de diesel	L	60,96	94,35
Cloreto de potássio (KCl)	kg	152,28	–
Fertilizante nitrogenado (ureia)	kg	267,92	–
Fertilizante superfosfato triplo (P ₂ O ₅)	kg	189,00	–
Fertilizante fosfato natural	kg	20,00	20,00
Sulfato de magnésio (MgSO ₄)	kg	0,26	–
Cachos vazios (bucha)	t	–	28,6
Pesticidas (herbicida, fungicidas e formicida) ⁴	–	–	–
Cachos de frutos de dendê	kg	18.720,00	18.720,00

¹Cálculos baseados nos parâmetros técnicos da planilha de custos de 1 ha de dendê (ceplac, 2007); ²análise estatística utilizando simulação Monte Carlo, com Intervalo de Confiança de 95% e 1.000 interações; ³com base em dados de Viégas e Botelho (2000) e Müller (2000); ⁴considerando um ciclo produtivo de 25 anos para o dendezeiro, o consumo de pesticidas em cc foi restrito a formicidas na fase inicial da cultura, tendo sido desconsiderado neste estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema de produto com CO apresentou uma redução expressiva para as categorias de impacto acidificação (AC) e uso de recursos não renováveis (RNR), com 89,4 e 69,0%, respectivamente. Para a categoria aquecimento global (AG), a redução foi menos expressiva, alcançando 27,6% (Figura 3).

No caso da categoria AC, essa diferença favorável ao sistema no CO está relacionada, principalmente, ao uso de fertilizantes sintéticos nitrogenados no sistema de produto no CC, contribuindo para as emissões de NH₃ e NO_x. De acordo com Milà i Canals, Romanyà e Cowell (2007), o principal contribuinte para essa categoria é a NH₃, originada da volatilização dos fertilizantes nitrogenados, sendo relevante o controle do manejo na aplicação, observando-se o tipo, a dosagem e as condições climáticas. Nesse mesmo estudo, verificou-se que as emissões de NO_x também estão associadas à produção e ao uso de insumos de origem fóssil (emissões oriundas do ciclo de vida dos derivados fósseis).

Com relação às categorias RNR e AC, a diferença a favor do sistema de CO foi menor, devido ao maior consumo de CF na mecanização das atividades agrícolas e no transporte e na aplicação do adubo orgânico, compensando parcialmente as emissões de gases do efei-

to estufa (GEE) oriundas da mecanização e da produção e do uso de fertilizantes sintéticos do cenário CC. Queiroz, França e Ponte (2012) constataram que o uso de fertilizantes contribui para o maior consumo de recurso natural não renovável na fase agrícola de cultivo de dendezeiros na Amazônia, recomendando ajustes no uso de fertilizantes de origem fóssil com os adubos orgânicos de forma que reduza o consumo de energia nessa fase. Castanheira e Freire (2016) consideraram a recomendação de adubação conforme necessidade nutricional da cultura como prioridade ambiental para a redução da contribuição do cultivo de dendezeiros para as categorias AC, AG e RNR.

Segundo Viégas e Botelho (2000), o fato de o dendezeiro ser classificado como uma cultura perene resulta em vantagens frente às demais oleaginosas, principalmente por não demandarem o preparo anual do solo para o plantio. Isso traz como consequência o uso menos intensivo da mecanização e, conseqüentemente, um menor consumo de CF, bem como maior estoque de carbono no sistema, em forma de biomassa vegetal aérea e no solo. Na dendeicultura, o maior consumo de CF está associado ao transporte dos cachos de fruto do campo para a indústria de processamento do óleo.

Segundo Soraya *et al.* (2014), a etapa de transporte contribuiu significativamente para os impactos ambientais decorrentes do ciclo de vida do biodiesel de óleo de dendê produzido na Indonésia, principalmente na fase agrícola da produção do óleo bruto.

Quanto às emissões de GEE para os sistemas de produto com CC e CO na etapa agrícola de produção do cacho de dendê para produção de óleo, o CC apresentou um potencial de contribuição para a categoria AG 42% maior do que no CO, com valores absolutos de 2,49 e 1,44 kg CO₂eq.kg⁻¹ de CF para o CC e o CO, respectivamente.

Os valores referentes às emissões de gases que contribuem para a categoria AC, AG e o consumo de recursos fósseis, referentes à categoria RNR, podem ser visualizados na Tabela 2.

A Figura 4 destaca os principais processos que contribuíram para emissão de GEE. Enquanto para o CC as principais contribuições foram da ureia (48,0 g CO₂.kg⁻¹ de CF) e do superfosfato triplo (21,0 g CO₂.kg⁻¹ de CF), para o CO o único processo com emissão considerada foi o transporte, especialmente relacionado à operação com os cachos vazios (21,4 g CO₂.kg⁻¹ de CF).

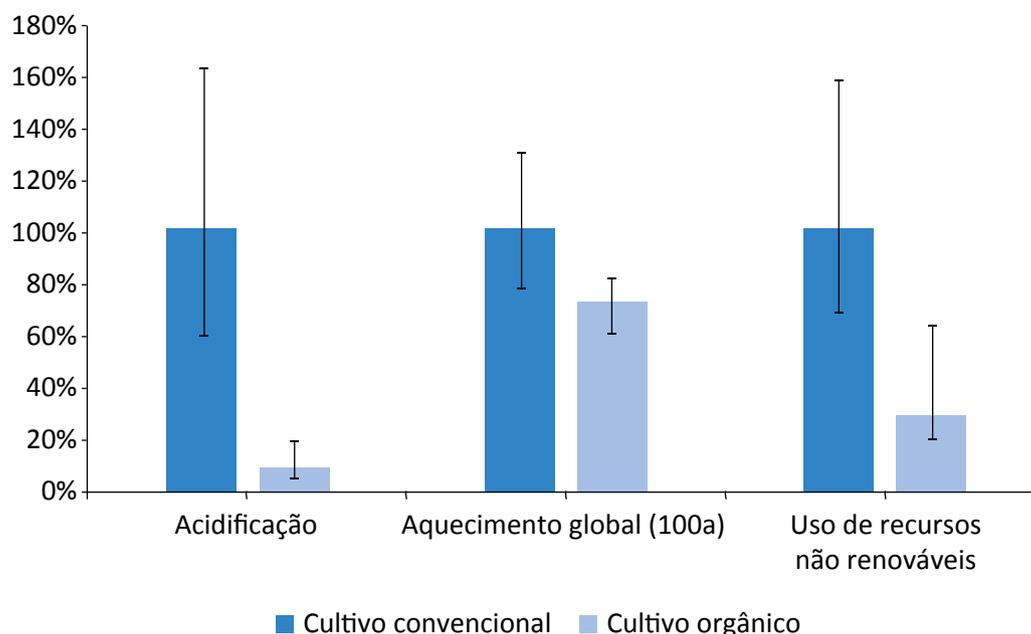


Figura 3 – Comparação dos sistemas de cultivo convencional e orgânico, para as categorias acidificação, aquecimento global e uso de recursos não renováveis. O coeficiente de variação foi estimado utilizando-se o software Simapro 8.0[®], combinando a Matrix Pedigree e a Simulação Monte Carlo (1.000 interações, 95%).

Tabela 2 – Impacto do sistema de produto com cultivo convencional e orgânico para as categorias acidificação, aquecimento global e uso de recursos não renováveis, normalizadas para a unidade funcional 18.720 kg de cachos de frutos de dendê.

Categorias	Unidade	Cultivo convencional*	Cultivo orgânico*
Acidificação	tSO ₂ eq	0,183	0,0262
Aquecimento global	tCO ₂ eq	71,042	51,4234
Uso de recursos não renováveis (fóssil)	GJeq	119,622	36,5421

*Análise estatística utilizando simulação Monte Carlo, com Intervalo de Confiança de 95% e 1.000 interações.

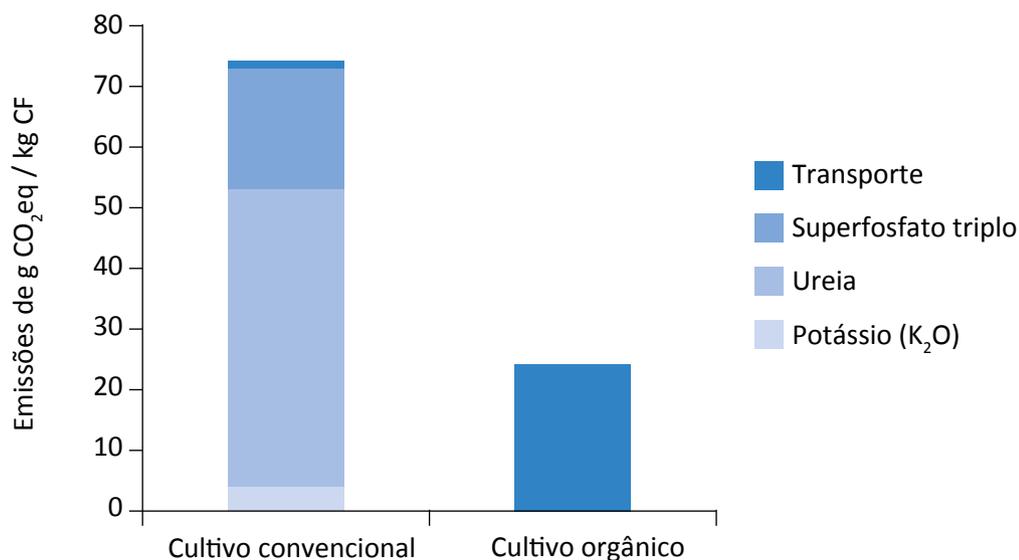


Figura 4 – Valores de emissões de CO_{2eq} (aquecimento global) para o sistema de produto com cultivo convencional e cultivo orgânico na fase agrícola do ciclo de vida dos cachos de frutos de dendê.

Cabe ressaltar que o modelo de produção orgânico adotado prevê uma quantidade de cachos vazios para atender às necessidades nutricionais da planta e que permitam atingir produtividades agrícolas equivalentes ao sistema convencional. Nesse caso, para produzir a quantidade de cachos vazios para adubação de 1 ha de dendê no sistema CO, são necessários cerca de 8 ha de dendê convencional, com suas exigências e seus impactos previstos ao longo da cadeia de produção.

Soraya *et al.* (2014) confirmam que o uso de fertilizantes no CC de dendê foi o principal contribuinte para

a categoria de impacto AG. Milà i Canals, Romanyà e Cowell (2007) também constataram que o uso de fertilizantes sintéticos no CC de maçãs foi o maior contribuinte na emissão de GEE, seguido das emissões de CO₂ na queima de CF nas operações de mecanização. No caso deste estudo, no CO de dendê, o que mais contribuiu na categoria AG foi a combustão de diesel na mecanização intensiva das atividades agrícolas e de transporte, o que justifica a escolha e a importância da seleção das categorias de impactos deste estudo.

CONCLUSÃO

A avaliação do desempenho ambiental dos cachos de frutos do dendê utilizando-se a ACV possibilitou constatar que mudanças nas práticas de manejo dessa cultura apresentam os principais desafios na redução dos impactos ambientais.

Os aspectos ambientais destacados neste estudo e as suas contribuições para cada categoria de impacto ambiental foram analisados considerando-se uma mesma produtividade de cachos de frutos de dendê para os dois sistemas de cultivo. Assim, observou-se que mu-

danças nas práticas de adubação no CO, principalmente no uso de adubos sintéticos produzidos a partir de recursos não renováveis, e redução no uso de combustível nas práticas de manejo foram ações identificadas para reduzir os impactos ambientais nas categorias estudadas e alcançar a mesma capacidade produtiva do sistema de CC.

Se por um lado o CO utiliza mais diesel no processo de transporte do adubo orgânico, isso é compensado nas categorias de impacto AG e RNR por não demandar fer-

tilizantes sintéticos, que foram responsáveis pelos impactos ambientais negativos no sistema de CC.

O CO apontou um potencial para redução de impactos ambientais por meio do aproveitamento de resíduos orgânicos da indústria de extração do óleo, condicionado à logística de retorno dos cachos vazios para as áreas de cultivo orgânico, uma vez que os impactos do transporte são significativos e crescem com a distância transportada.

Nesta perspectiva, um resultado do ponto de vista de redução dos impactos ambientais poderia ser alcançado também utilizando os resíduos orgânicos da indústria para reduzir o consumo de fertilizantes sintéticos nas áreas de CC.

Nesse sentido, é importante mencionar que as vantagens do CO, considerando as categorias de impacto estudadas, são limitadas às fontes de aquisição de re-

síduos orgânicos necessários ao atendimento das demandas nutricionais do CO, dependendo, em princípio, de um outro sistema agropecuário que produza matéria orgânica excedente próximo às áreas de cultivo.

Com base nas premissas e condições deste estudo, o CO não se justificaria somente pelos critérios ambientais. É importante ressaltar que os principais argumentos para a manutenção de áreas de cultivo orgânico podem estar relacionados a mercados diferenciados e qualidade nutritiva dos produtos derivados do dendê.

Os resultados alcançados neste estudo corroboram para a consolidação da ACV como metodologia de avaliação de impactos ambientais de produtos agropecuários, auxiliando na tomada de decisão e melhoria de processos e práticas de cultivo, com vistas ao atendimento das expectativas de consumidores, mercados e legislações cada vez mais exigentes.

AGRADECIMENTOS

À CEPLAC pelo apoio técnico, financeiro e facilitador do acesso às áreas de cultivo de dendê. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

(CNPq) pelo investimento na infraestrutura técnica e compra de licenças de *softwares* para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ALBERGONE, L. & PELAEZ, V. Da Revolução Verde à agrobiotecnologia: ruptura ou continuidade de paradigmas? *Revista de Economia*, Paraná, v. 33, n. 1, p. 31-53, 2007.

ALMEIDA, H. A. *Probabilidade de ocorrência de chuvas no Sudeste da Bahia*. Boletim Técnico nº 182. Ilhéus: CEPLAC/CEPEC. 32 p, 2001.

BESSOU, C.; BASSET-MENS, C.; BENOIST, A.; BIARD, Y.; BURTE, J.; FESCHET, P.; PAYEN, S.; TRAN, T.; PERRET, S. Life cycle assessment to understand agriculture-climate change linkages. In: TORQUEBIAU, E. (Ed.). *Climate Change and Agriculture Worldwide*. Netherlands: Springer, 2016a. p. 263-275.

BESSOU, C.; BASSET-MENS, C.; LATUNUSSA, C.; VÉLU, A.; HEITZ, H.; VANNIERE, H.; CALIMAN, J. P. Partial modelling of the perennial crop cycle misleads LCA results in two contrasted case studies. *International Journal of Life Cycle Assessment*, v. 21, n. 3, p. 297-310, 2016b.

CASTANHEIRA, É. G. & FREIRE, F. Environmental life cycle assessment of biodiesel produced with palm oil from Colombia. *International Journal of Life Cycle Assessment*, v. 21, p. 1-14, 2016.

CEPLAC – COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA. *Plano de Ação Imediata do Dendê – PAI Dendê*. Ilhéus: CEPLAC, 2007.

CHOO, Y. M.; MUHAMAD, H.; HASHIM, Z.; SUBRAMANIAM, V.; PUAH, C. W.; TAN, Y. Determination of GHG contributions by subsystems in the oil palm supply chain using the LCA approach. *International Journal of Life Cycle Assessment*, v. 16, p. 669-681, 2011.

- CIROTH, A.; MULLER, S.; WEIDEMA, B.; LESAGE, P. Empirically based uncertainty factors for the pedigree matrix in ecoinvent. *International Journal of Life Cycle Assessment*, v. 3, p. 1-11, 2013.
- CLAUDINO, E. S. & TALAMINI, E. Análise do Ciclo de Vida (ACV) aplicada ao agronegócio: uma revisão de literatura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 17, n. 1, p. 77-85, 2013.
- CORLEY, R. H. V. How much palm oil do we need? *Environmental Science & Policy*, v. 12, n. 2, p. 134-139, 2009.
- GALHARTE, C. A. & CRESTANA, S. Avaliação do impacto ambiental da integração lavoura-pecuária: aspecto conservação ambiental no cerrado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 14, n. 11, p. 1202-1209, 2010.
- GRANT, A.; RIES, R.; THOMPSON, C. Quantitative approaches in life cycle assessment – part 1 – descriptive statistics and factor analysis. *International Journal of Life Cycle Assessment*, v. 21, n. 6, p. 903-911, 2016.
- GUINÉE, J. B. *Handbook on life cycle assessment: operational guide to the ISO standards*. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2001.
- HAPPE, K.; HUTCHINGS, N. J.; DALGAARD, T.; KELLERMAN, K. Modeling the interactions between regional farming structure, nitrogen losses and environmental regulation. *Agricultural Systems*, v. 104, n. 3, p. 281-291, 2011.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Senso Lavouras Permanentes 2012 – BA. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=ba>> Acesso em: 10 nov. 2014.
- ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *Environmental management: life cycle assessment – principles and framework*. ISO 14040. Genebra: ISO, 2006a.
- ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *Environmental management: life cycle assessment – principles and framework*. ISO 14044. Genebra: ISO, 2006b.
- MILÀ i CANALS, L.; ROMANYÀ, J.; COWELL, S. J. Method for assessing impacts on life support functions (LSF) related to the use of ‘fertile land’ in Life Cycle Assessment (LCA). *Journal of Cleaner Production*, v. 15, n. 15, p. 1426-1440, 2007.
- MÜLLER, A. A. Produção de mudas de dendzeiro. In: VIÉGAS, I. J. M.; Müller, A. A. *A cultura do dendzeiro na Amazônia Brasileira*. Belém/Manaus: EMBRAPA Amazônia Oriental/Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. p. 175-191.
- NEMECEK, T.; DUBOIS, D.; HUGUENIN-ELIE, O.; AILLARD, G. Life cycle assessment of Swiss farming systems: I. Integrated and organic farming. *Agricultural Systems*, v. 104, n. 3, p. 217-232, 2011.
- NTIAMOAH, A. & AFRANE, G. Environmental impacts of cocoa production and processing in Ghana: life cycle assessment approach. *Journal of Cleaner Production*, v. 16, n. 16, p. 1735-1740, 2008.
- OFORI-BAH, A. & ASAFU-ADJAYE, J. Scope economies and technical efficiency of cocoa agroforestry systems in Ghana. *Ecological Economics*, v. 70, n. 8, p. 1508-1518, 2011.
- QUEIROZ, A. G.; FRANÇA, L.; PONTE, M. X. The life cycle assessment of biodiesel from palm oil (“dendê”) in the Amazon. *Biomass and Bioenergy*, v. 36, p. 50-59, 2012.
- REINHARDT, G.; RETTENMAIER, N.; GÄRTNER, S. *Rain forest for biodiesel? Ecological effects of using palm oil as a source of energy*. Germany: WWF, 2007.
- SCHMIDT, J. H. *Life cycle assessment of rapessed oil and palm oil. Part 3: life cycle inventory of rapeseed oil and palm oil*. 2007. 276 f. Thesis (Ph.D) – Department of Development and Planning, Aalborg University, Aalborg, 2007.
- SCHMIDT, J. H. Comparative life cycle assessment of rapeseed oil and palm oil. *International Journal of Life Cycle Assessment*, v. 15, n. 2, p. 183-197, 2010.

SIREGAR, K.; TAMBUNAN, A. H.; IRWANTO, A. K.; WIRAWAN, S. S.; ARAKI, T. A comparison of life cycle assessment on oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) and Physic Nut (*Jatropha curcas* Linn.) as feedstock for biodiesel production in Indonesia. *Energy Procedia*, v. 65, p. 170-179, 2015.

SORAYA, D. F.; GHEEWALA, S.; BONNET, S.; TONGURAI, C. Life cycle assessment of biodiesel production from palm oil in Indonesia. *Journal of Sustainable Energy & Environment*, v. 5, n. 1, p. 27-32, 2014.

SUMATHI, S.; CHAI, S. P.; MOHAMED, A. R. Utilization of oil palm as a source of renewable energy in Malaysia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 12, n. 9, p. 2404-2421, 2008.

TUOMISTO, H. L.; HODGE, I. D.; RIORDAN, P.; MACDONALD, D.W. Does organic farming reduce environmental impacts? A meta-analysis of European research. *Journal of Environmental Management*, v. 112, p. 309-320, 2012.

VIÉGAS, I. J. M. & BOTELHO, S. M. Nutrição e adubação do dendezeiro. In: VIÉGAS, I. J. M.; MÜLLER, A. A. *A cultura do dendezeiro na Amazônia Brasileira*. Belém/Manaus: EMBRAPA Amazônia Oriental/Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. p. 229-273.

PERCEPÇÃO DOS AGRICULTORES FAMILIARES DO MUNICÍPIO DE NOVA ERECHIM (SC) EM RELAÇÃO À LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

PERCEPTION OF FAMILY FARMERS IN THE MUNICIPALITY OF NOVA ERECHIM (SC) IN RELATION TO ENVIRONMENTAL LEGISLATION

**Alana Maria
Simioni Frozza**

Bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica/Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PIBIC/CNPq) da Universidade Comunitária da Região de Chapecó (Unochapecó) – Chapecó (SC), Brasil.

Regina Bellan Verona

Programa de Pós-Graduação em Gestão, Manejo e Nutrição da Bovinocultura Leiteira da Universidade do Oeste de Santa Catarina (Unoesc) – São Miguel do Oeste (SC), Brasil.

Cristiano Reschke Lajús

Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Gestão da Inovação da Unochapecó – Chapecó (SC), Brasil.

Gean Lopes da Luz

Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Gestão da Inovação da Unochapecó – Chapecó (SC), Brasil.

Endereço para correspondência:

Cristiano Reschke Lajús – *Campus* de Chapecó – Avenida Senador Atilio Fontana, 591 E – Efapi – 89809-000 – Chapecó (SC), Brasil – E-mail: clajus@unochapeco.edu.br

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a percepção dos agricultores familiares do município de Nova Erechim (SC) em relação à legislação ambiental. O estudo de caso foi realizado em 42 propriedades rurais, com base no cálculo do plano de amostragem aleatória simples. As questões norteadoras foram: o entendimento dos agricultores em relação ao conceito do termo Área de Preservação Permanente (APP); o interesse dos agricultores em recuperar APPs; as dificuldades dos agricultores em relação às limitações legais para as APPs. Os dados coletados foram submetidos à análise estatística descritiva, sendo determinadas a frequência absoluta (Fj) e a frequência relativa (fj), e foram interpretados por meio da elaboração de tabelas. A principal dificuldade levantada pelos agricultores em relação às limitações legais para as APPs é a falta de informações sobre o tema legislação ambiental, confundindo-o com a Reserva Legal.

Palavras-chave: APPs; Reserva Legal; agricultores de Nova Erechim; preservação ambiental.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the perception of family farmers in the municipality of Nova Erechim (SC) in relation to environmental legislation. The case study was conducted in 42 rural properties, based on the calculation of simple random sampling plan. The guiding questions were: understanding of farmers in relation to the concept of the term Area of Permanent Preservation (APP); the interest of farmers in recovering APPs; the difficulties of farmers in relation to legal limitations to the APPs. The data collected were subjected to descriptive statistical analysis and determined the absolute frequency (Fj) e relative frequency (fj), they were interpreted by drafting tables. The main difficulty raised by farmers regarding legal limitations to the APPs is the lack of information on the topic environmental law confusing it with the Legal Reserve.

Keywords: APPs; legal reserve; farmers of Nova Erechim; environmental preservation.

INTRODUÇÃO

A abordagem do meio ambiente no meio agrícola deve levar em conta principalmente as relações desse meio com as pessoas que trabalham nele, já que podem ser consideradas relações íntimas e diretas.

Segundo Bassani *et al.* (2007), considera-se que a pessoa modifica o meio, e o meio modifica a pessoa. Por isso é muito importante entender a percepção, os conhecimentos e as necessidades dos agricultores em relação às exigências e à legislação ambiental.

A falta de conhecimento sobre a definição dos termos “Área de Preservação Permanente (APP)” e “Reserva Legal” faz com que o produtor rural tenha uma visão distorcida sobre as leis ambientais e o conceito de preservação ambiental. De acordo com a Lei nº 12.651/12 do Código Florestal, de 25 de maio de 2012, a qual dispõe sobre a proteção da vegetação nativa,

as definições de APP e Reserva Legal são: Área de Preservação Permanente – APP – área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas; Reserva Legal – RL – 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. A complexidade inerente à legislação e ao seu vocabulário e a dificuldade de acesso a esse tipo de informação fazem com que os agricultores tenham dificuldades de interpretação desses termos, bem como, desconheçam os benefícios e os impactos que essas áreas tem em sua propriedade e no ambiente em que vivem. (Incisos II e III do Artigo 3º da Lei 12.651/2012)

Em todos os segmentos de produção podem-se observar a destruição e os impactos causados pelo homem às diversas formas de vida que compõem o meio, e nesses sistemas de produção está incluído o setor da agricultura familiar. Essa relação de pessoas com o meio ambiente e com os recursos naturais dá-se de forma mais clara quando se refere à agricultura familiar, pois a agricultura e a propriedade rural deixam de ser apenas um comércio para se tornarem parte intrínseca e inseparável da família que ali habita.

No município de Nova Erechim os problemas de impactos ambientais causados pela agricultura familiar são muito relevantes. O foco dos problemas ambientais pode estar relacionado com a falta de conhecimento da legislação ambiental pelos pequenos agricultores rurais.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a percepção dos agricultores familiares do município de Nova Erechim (SC) em relação à legislação ambiental.

MATERIAIS E MÉTODOS

Quanto às características metodológicas, a pesquisa se caracteriza como exploratória, pois visa avaliar percepção dos agricultores familiares do município de Nova Erechim (SC) em relação à legislação ambiental. Quanto aos procedimentos, a pesquisa é caracterizada como um levantamento por amostragem, com aplicação de questionários aplicados para uma amostra de 42 propriedades rurais. Quanto à análise dos dados, o tratamento é realizado de forma quantitativa, a partir das respostas dos questionários aplicados.

O trabalho foi realizado entre os meses de novembro de 2013 e fevereiro de 2014 na área rural do município de Nova Erechim, localizado no oeste do Estado de Santa Catarina. O município possui 4.275 habitantes, de acordo com o Censo 2010. Possui uma área

de 64.540 km², banhada pelos Rios Chapecó e Burro Branco. Nova Erechim tem como principal atividade a agricultura, sendo que a bovinocultura leiteira se destaca entre as demais atividades. No meio rural vivem 340 famílias, sendo que, destas, 323 possuem gado leiteiro, seja para consumo próprio ou para comercialização, com um número aproximado de 3.500 cabeças de gado leiteiro (PREFEITURA MUNICIPAL DE NOVA ERECHIM, 2013).

Devido à amplitude da legislação no que diz respeito às diversas formas de preservação ambiental, optou-se por elencar algumas das mais importantes, devido ao momento ambiental em que os agricultores vivem e às características do município de Nova Erechim, sendo

escolhidas como de preservação permanente mais importante três áreas principais:

- I. as faixas ao longo dos cursos d'água (mata ciliar);
- II. o entorno das nascentes;
- III. as encostas com alta declividade.

Por intermédio do cálculo do plano de amostragem aleatória simples, conforme Morettin & Bussab (2003), foi realizada a amostragem dos agricultores familiares do referido município, resultando em 42 famílias das 45 que haviam sido selecionadas, pois 3 desistiram da participação na presente pesquisa.

Foram avaliadas as seguintes questões norteadoras: (i) o entendimento dos agricultores em relação ao conceito do termo APP; (ii) o interesse dos agricultores em recuperar APPs; (iii) as dificuldades dos agricultores em relação às limitações legais para as APPs. As variáveis foram determinadas por meio de questionário aplicado aos agricultores (ANEXO I).

Os dados coletados foram submetidos à análise estatística descritiva, sendo determinadas a frequência absoluta (Fj) e a frequência relativa (fj), conforme Piana, Machado e Selau (2009); tais dados foram interpretados por intermédio da elaboração de gráficos e de tabelas com base nas Normas de Apresentação Tabular do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1993).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise descritiva mostrou, para as atividades desenvolvidas (Tabela 1), que 81% das propriedades agregam o leite com outra atividade, como mostrado em f1. Em f'2 percebe-se que 97% das propriedades possuem a atividade de gado leiteiro, discordando dos dados apresentados por Abreu (2010), em que apenas 26,7% das propriedades do oeste catarinense apresentam produção leiteira. Essa discrepância se dá, possivelmente, devido à atividade leiteira na região oeste ser característica de pequenas propriedades rurais na região, empregando mão de obra familiar. Como o município em que a presente pesquisa foi realizada é caracterizado quase em sua totalidade por pequenas propriedades rurais, a porcentagem de propriedades que possuem a atividade de gado leiteiro é incrementada.

Os agricultores foram questionados em relação à existência de nascentes ou cursos d'água na propriedade e quanto ao uso das margens desses cursos d'água.

Do total de agricultores, 71% preservam as margens de seus cursos d'água com mata nativa, pensando em proteger a água, muito utilizada nas propriedades (Figura 1). Observa-se também que a atividade pecuária é a mais empregada nas margens dos rios, com 14%, sendo grande reflexo do elevado número de propriedades com atividade leiteira, conforme apresentado na Tabela 1. Ainda existem 5% das propriedades que não possuem nenhum tipo de proteção nas margens, representando riscos ambientais localizados, atividades semelhantes às margens de cursos d'água na mesma região foram observadas no estudo realizado por Kruger *et al.* (2014).

Lovatto, Etges e Karnopp, (2008), em estudo que teve como objetivo avaliar a natureza na percepção dos agricultores familiares do município de Santa Cruz do Sul (RS), relatam que 45,6% dos agricultores têm nascentes utilizadas irregularmente na propriedade, po-

Tabela 1 - Frequência absoluta e frequência relativa das atividades desenvolvidas nas propriedades rurais, Nova Erechim (SC).

J	Classe	Fj	fj
1	Duas atividades	34	0,81
2	Apenas leite	7	0,16
3	Não possui leite	1	0,03
	Σ	42	1,0

Fj: frequência absoluta; fj: frequência relativa.

rém esses trabalhadores demonstram preocupação em proteger essas nascentes com mata ciliar, caso haja incentivo público.

Ao avaliar o conhecimento dos agricultores sobre o termo APP, observa-se, na Tabela 2 (F1), que apenas 9% agricultores sabem o que significa. Em f'3 verifica-se que 95% dos agricultores possuem alguma interpretação sobre o conceito, mesmo que essa compreensão seja errônea. Porém, cabe destacar que 91% dos agricultores não sabem exatamente o que significa APP, demonstrando uma falta de conhecimento que pode resultar em danos ambientais. O perfil dos agricultores que sabem o que é APP apresenta uma representativa variação, sem destacar um padrão de idade e escolaridade.

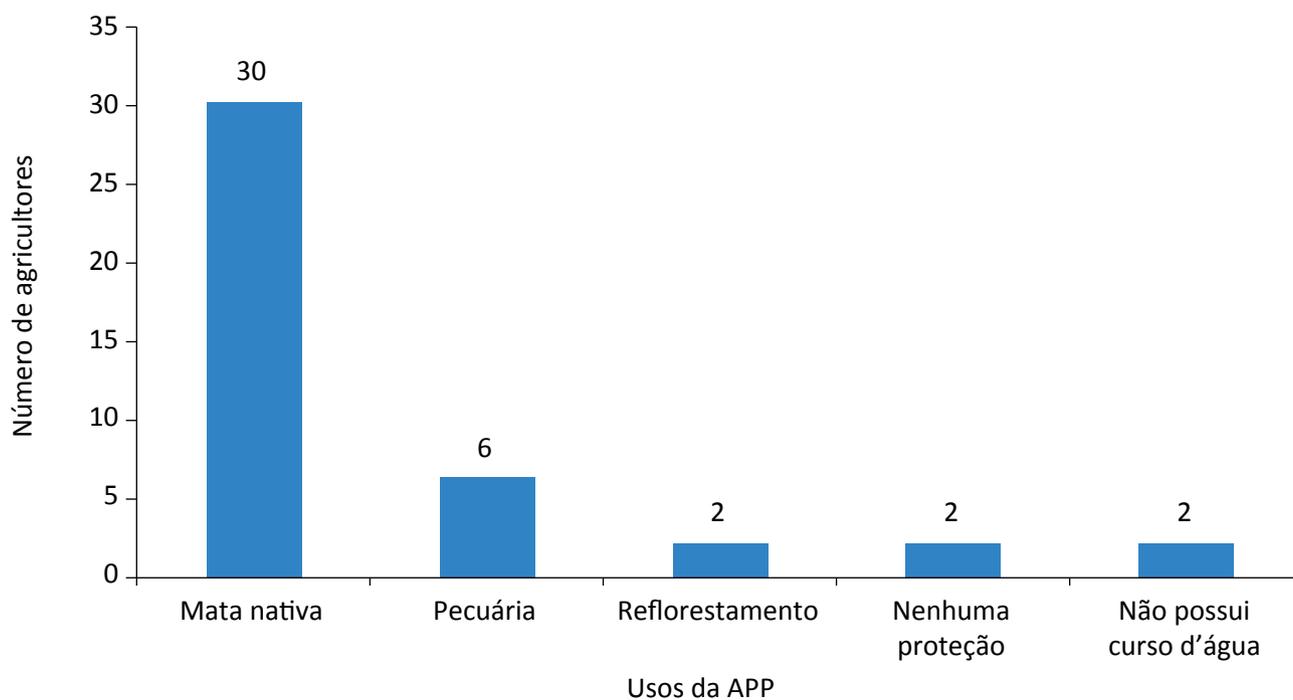
Esses resultados estão de acordo com Da Ros (2009), que avaliou a percepção de agricultores familiares em relação à legislação ambiental e mostrou que apenas 22% souberam o que é APP, contra 78% que não sabem o que é o termo. Desse percentual que desconhece o termo, 22% o confundem com Reserva Legal, mostrando semelhan-

ça entre os dados obtidos nesta pesquisa e evidenciando ainda mais que o problema da falta de conhecimento sobre legislação ambiental dentre os agricultores familiares pode ser percebido em diversos lugares.

Outro estudo, realizado por Godoy *et al.* (2009), aponta que os agricultores desconhecem os termos e as exigências do Código Florestal Brasileiro, e relaciona esse fato com a falta de assistência técnica por parte dos órgãos públicos de extensão rural, cooperativas e associações, os quais deveriam auxiliar os agricultores com esclarecimentos sobre as questões da legislação ambiental.

O entendimento sobre APP e Reserva Legal exposto pelos agricultores entrevistados é, muitas vezes, de confusão entre os termos, distorções ou erros, dados também obtidos por Ferrareze (2011), que realizou um estudo apontando a falta de conhecimento de uma família de agricultores sobre os termos e as leis ambientais.

Percepções semelhantes foram verificadas por Lovatto, Etges e Karnopp (2008) em estudo em que os agricul-



APP: Área de Preservação Permanente.

Figura 1 - Atividades desenvolvidas em torno dos cursos d'água nas propriedades rurais, Nova Erechim (SC).

tores relataram saber da importância das florestas para regular o clima, proteger as fontes, abrigar fauna silvestre, porém, a falta de informações ainda faz com que os agricultores não reflitam mais sobre o tema e, ainda, que parte dos agricultores não saiba a importância da manutenção de áreas florestais.

A escolaridade é outro ponto que se destaca (Tabela 3), pois 38% dos agricultores possuem apenas o 1º grau incompleto e apenas 2% possuem o 3º grau completo. A frequência relativa acumulada $f'3$ mostra que apenas 38% dos agricultores possuem formação até o 2º grau. Dados semelhantes foram apresentados por Lucena (2010), que desenvolveu estudos no município de Jucurutu (RN), destacando que a maior parte dos agricultores familiares não chega ao nível do 2º grau completo. Dados mais drásticos foram apresentados por Kruger *et al.* (2014), os quais de-

monstraram que 77% dos agricultores entrevistados no oeste de Santa Catarina não possuem escolaridade superior ao ensino básico.

Os entrevistados foram questionados sobre as fontes de informação sobre legislação ambiental (Figura 2), momento em que 40 dos participantes responderam que possuem tais informações, por meio das mais diversas fontes, com destaque para a televisão, o rádio, as palestras e os sistemas de parcerias com agroindústrias, e apenas 2 agricultores informaram que não possuem meios de informação. Dessa forma, o questionamento que surge é sobre a forma e a qualidade da informação repassada aos agricultores, sendo essa pouco eficaz na transmissão do conhecimento e no intento de promoção da reflexão dos agricultores sobre o assunto.

Cabe destacar que apenas quatro agricultores citaram que receberam informações de órgãos públicos

Tabela 2 - Frequência absoluta e frequência relativa das respostas sobre o conhecimento de Áreas de Preservação Permanente dadas pelos agricultores, Nova Erechim (SC).

J	Classe	Fj	fj
1	Sabem	9	0,21
2	Relacionam com preservação do meio ambiente	16	0,38
3	Confundem com Reserva Legal	15	0,36
4	Não sabem	2	0,05
	Σ	42	1,0

Fj: frequência absoluta; fj: frequência relativa.

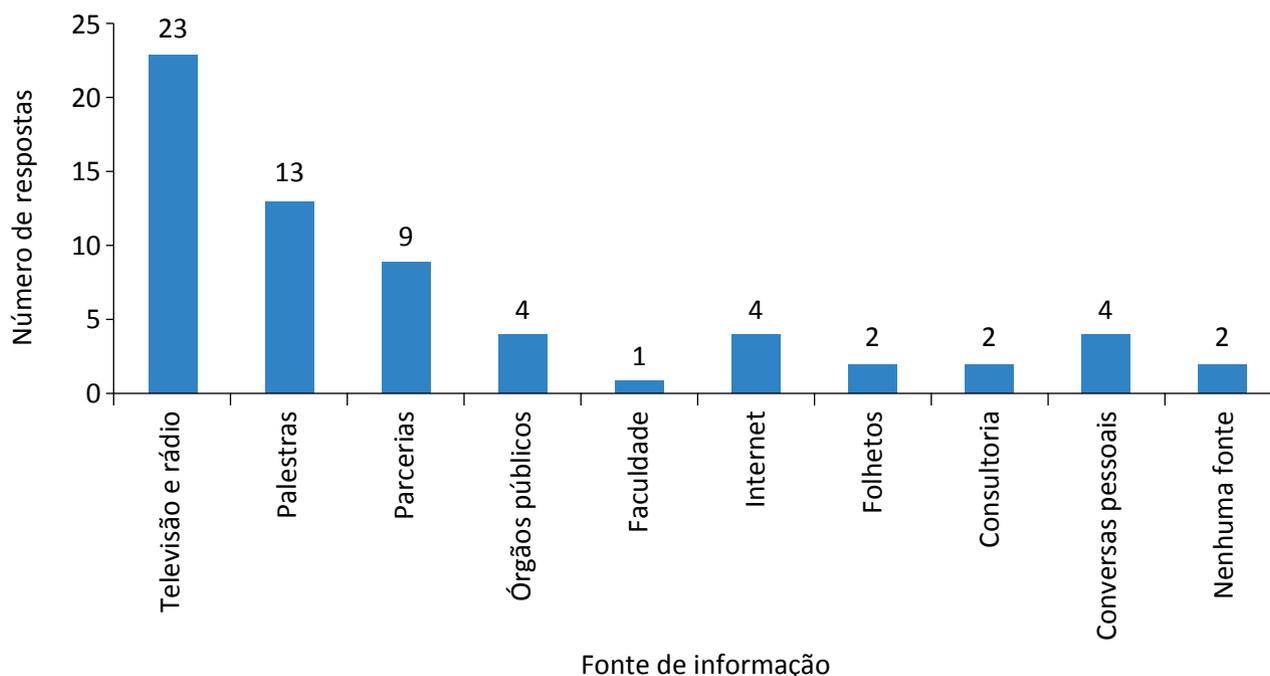
Tabela 3 - Frequência absoluta e frequência relativa da escolaridade dos agricultores que responderam o questionário, Nova Erechim (SC).

J	Classe	Fj	F'j	Fj	f'j
1	3º Completo	1	1	0,02	0,02
2	3º Incompleto	2	3	0,05	0,07
3	2º Completo	13	16	0,31	0,38
4	2º incompleto	2	18	0,05	0,43
5	1º Completo	8	26	0,19	0,62
6	1º Incompleto	16	42	0,38	1
	Σ	42	-	1,0	-

Fj: frequência absoluta; fj: frequência relativa.

(Figura 2), os quais poderiam ser a principal fonte de informação de qualidade para esses trabalhadores, pois são locais que proporcionam o contato direto com profissionais da área agrícola e ambiental para esclarecer as possíveis dúvidas e os questionamentos

sobre as particularidades da região. Os dados discordam dos obtidos por Abreu (2010), em que os meios de informações mais citados pelos agricultores no oeste de Santa Catarina foram a Epagri, com 33,3%, seguida de vizinhos, com 20,0%, parentes, televisão e rádio e



APP: Área de Preservação Permanente.

Figura 2 - Atividades desenvolvidas em torno dos cursos d'água nas propriedades rurais, Nova Erechim (SC).

técnicos da prefeitura, com 13,3%, e outros meios de informações, com 6,7%.

Outro questionamento realizado foi sobre o interesse que os agricultores têm em preservar ou recuperar APPs em suas propriedades. Os dados mostram que 32 agricultores entrevistados têm interesse em manter ou recuperar APPs em suas propriedades (Tabela 4). Uma parcela de 23% dos agricultores não tem interesse em manter ou recuperar as áreas de APP (somados a esses estão os que têm interesse na preservação da APP apenas para cumprir a legislação), por serem áreas inúteis à agricultura, ou por interesse financeiro, de receber alguma indenização futura pelas áreas preservadas; 66% dos agricultores não apresentam consciência sobre a importância da proteção ambiental da APP

para a sustentabilidade ambiental e para as gerações futuras (Tabela 4).

Esses resultados discordam dos obtidos por Lucena (2010), que realizou um estudo com o intuito de analisar a percepção ambiental por uma comunidade rural do entorno de uma reserva particular do patrimônio natural (RPPN) no semiárido brasileiro e obteve 84% das respostas indicando preocupação com a preservação daquela reserva com cunho de sustentabilidade ambiental. Possivelmente por aquele povo sofrer muito com os períodos de seca e as dificuldades climáticas serem proeminentes limitantes da prática agrícola, a preocupação com a preservação ambiental seja enfatizada e ligada à melhoria do ambiente em que vivem e produzem seu alimento.

Tabela 4 - Frequência absoluta e frequência relativa dos interesses dos agricultores em recuperar ou manter Áreas de Preservação Permanente em suas propriedades, Nova Erechim (SC).

J	Classe	Fj	fj
1	Motivos legais	11	0,26
2	Proteção ambiental	13	0,31
3	Áreas inúteis	6	0,14
4	Gerações futuras	1	0,03
5	Interesse financeiro	1	0,03
6	Não possuem interesse	10	0,23
	Σ	42	1,0

Fj: frequência absoluta; fj: frequência relativa.

CONCLUSÃO

Conclui-se com este estudo que a problemática sobre a falta de conhecimento sobre legislação ambiental é muito visível nos agricultores familiares de Nova Erechim, devido à falta de informações em relação aos limites e às áreas legais das APPs. Apesar de muitos agricultores terem interesse em manter APPs preservadas, muitos deles não entendem que as próprias APPs são um meio de preservação muito importante na propriedade e veem essas áreas apenas como uma obrigação de cumprir a lei para não serem multados. Boa parte dessa problemática de entendimento dos limites legais das APPs deve-se ao fato de os agricultores confundirem tais áreas com a Reserva Legal, pois foi algo que

a maioria dos entrevistados que possuem sistemas de parcerias com agroindústrias se viu obrigada a fazer em suas propriedades.

Como solução, sugere-se a realização de mais cursos, palestras e oficinas sobre o tema em Nova Erechim (SC), esclarecendo conceitos e incentivando a busca de informações na Secretaria da Agricultura e em órgãos públicos que possam sanar dúvidas e conscientizar os agricultores sobre a importância da preservação ambiental, não somente pela obrigação, mas para manter preservados recursos importantes para a sustentabilidade da própria agricultura.

REFERÊNCIAS

- ABREU, M. M. *Inovações tecnológicas na agricultura familiar sob a ótica dos agricultores familiares de Chapecó e região oeste de Santa Catarina (Região da AMOSC)*. Monografia (Pós-Graduação em Gestão Social e Políticas Públicas) – Universidade Comunitária Regional de Chapecó, Chapecó, 2010. Disponível em: <http://www.uniedu.sed.sc.gov.br/wp-content/uploads/2014/04/marcia_modesto_de_abreu.pdf>. Acesso em: 05 out. 2014.
- BASSANI, M. A.; FERRAZ, J. M. G.; SILVEIRA, M. A. Percepção Ambiental e Agroecologia: considerações metodológicas em psicologia ambiental. *Revista Brasileira de Agroecologia*, n. 1, p. 1786-1789, fev. 2007. Disponível em: <<http://www.abaagroecologia.org.br/ojs2/index.php/rbagroecologia/article/view/6659/4964>>. Acesso em: 28 mai. 2013.
- BRASIL. *Lei nº 12.651/12*, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Brasília: Código Florestal, 2012. Disponível em: <<http://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/1032082/lei-12651-12>>. Acesso em: 04 out. 2014.

CASTAGNA, A. A.; ARONOVICH, M.; RODRIGUES, E. *Pastoreio Racional Voisin: manejo agroecológico de pastagens*. Niterói: Programa Rio Rural, 2008.

DA ROS, J.; SCHMITT, F.; ABDON, L.; ASSING, L.; ALVEZ, J. P. Percepção dos agricultores familiares em relação à Legislação Ambiental. *Revista Brasileira de Agroecologia*, n. 2, p. 3913-3917, nov. 2009. Disponível em: <<http://www.aba-agroecologia.org.br/ojs2/index.php/rbagroecologia/article/view/9318>>. Acesso em: 05 set. 2013.

FERRAREZE, D. S. W. *Percepção sobre APPs – Área de Preservação Permanente, e de RL – Reserva Legal: um estudo de caso com uma família de agricultores familiares no município de Constantina – RS*. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Constantina, 2011. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/52367>> Acesso em: 15 mai. 2014.

GODOY, C. M. T.; HILLING, C.; PÉREZ, F. I. C.; SILVEIRA, G. H. Legislação Ambiental e os Dilemas da Agricultura Familiar. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA*, 6.; *CONGRESSO LATINO AMERICANO DE AGROECOLOGIA*, 2., 09 a 12 de novembro. Curitiba, 2009. Disponível em: <<http://www.aba-agroecologia.org.br/revistas/index.php/cad/article/view/3696>>. Acesso em: 15 mai. 2014.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Normas de apresentação tabular. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Centro de documentação e disseminação de informações. 3ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993, 62p. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv23907.pdf> > Acesso em: 16 jul. 2014.

KRUGER, S. D.; SILVA, A. A. R.; OENNING, V.; ZANIN, A. As características da gestão das propriedades rurais do oeste de Santa Catarina: carência na utilização da contabilidade e as fragilidades no processo de sucessão familiar. *In: CONGRESSO UFSC DE CONTROLADORIA E FINANÇAS & INOVAÇÃO CIENTÍFICA EM CONTABILIDADE*, 5., 2014. Disponível em: <http://dvl.ccn.ufsc.br/congresso/arquivos_artigos/artigos/958/20140421131207.pdf>. Acesso em: 05 out. 2014.

LOVATTO, P. B.; ETGES, V. E.; KARNOPP, E. A natureza na percepção dos agricultores familiares do município de Santa Cruz do Sul, RS, Brasil: algumas perspectivas para o Desenvolvimento Regional Sustentável. *REDES*, v. 13, n. 1, p. 225-249, 2008. Disponível em: <<http://online.unisc.br/seer/index.php/redes/article/view/321/1487> >. Acesso em: 14 mai. 2014.

LUCENA, M. M. A. *Percepção ambiental por uma comunidade rural do entorno de uma reserva particular do patrimônio natural (rppn), semiárido brasileiro*. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010. Disponível em: <ftp://ufrn.br/pub/biblioteca/ext/bdtd/MycarlaMAL_DISSERT.pdf>. Acesso em: 04 out. 2014.

MORETTIN, P. A. & BUSSAB, W. O. *Estatística básica*. 5ª ed. rev. e atual. São Paulo: Saraiva, 2003.

NOTTAR, M. A produção leiteira na região oeste catarinense. Monografia (Conclusão do curso de Bacharel em Ciências Econômicas) – Universidade do Oeste de Santa Catarina, Chapecó, 1999.

PIANA, C.F.B.; MACHADO, A. A.; SELAU, L. P. R. *Estatística Básica*. Pelotas: UFPel, Instituto de Física e Matemática, 2009. 1v.

PREFEITURAMUNICIPALDENOVAERECHIM. *Dados do Município*. Nova Erechim: Prefeitura Municipal, 2013. Disponível em: <<http://www.novaerechim.sc.gov.br/conteudo/?mode=pa&item=14706&fa=7&cd=14197&siglamun=novaerechim>>. Acesso em: 29 mai. 2013.

SECRETARIA ESTADUAL DA AGRICULTURA E DA PESCA. *Programa Juro Zero Agricultura/Piscicultura*. Florianópolis: Secretaria Estadual da Agricultura e da Pesca 2013. Disponível em: <http://www.agricultura.sc.gov.br/index.php?option=com_content&task=view&id=17&Itemid=38>. Acesso em: 29 mai. 2013.

ANEXO I

QUESTIONÁRIO

(Adaptado **Projeto Alto Uruguai**: Cidadania, Energia e Meio Ambiente)

1. PROPRIEDADE: _____
2. Localidade: _____
3. Coordenadas:..... E: _____ N: _____
4. Distância sede municipal (km): (_____) Distância sede distrital (km): (_____)
 5. Número de famílias na propriedade: (_____) ①②③④⑤○
 6. Número de pessoas na propriedade: (_____) ①②③④⑤○
7. Membros da família:

Nº Nome Idade Sexo Grau instrução Nº Nome Idade Sexo Grau instrução

1. _____ () () ①②③ Com. Inc. 6. _____ () () ①②③ Com. Inc.
2. _____ () () ①②③ Com. Inc. 7. _____ () () ①②③ Com. Inc.
3. _____ () () ①②③ Com. Inc. 8. _____ () () ①②③ Com. Inc.
4. _____ () () ①②③ Com. Inc. 9. _____ () () ①②③ Com. Inc.
5. _____ () () ①②③ Com. Inc. 10. _____ () () ①②③ Com. Inc.

PROPRIEDADE

8. Natureza propriedade. () herança () compra () arrendamento () posse () arrendatário
9. Área da propriedade (ha).....(_____)
10. Área da propriedade (ha) destinada a produção leiteira..... (_____)

PRODUÇÃO E MÃO DE OBRA

11. Principais produções animais desenvolvidas na propriedade em escala comercial:
 - 11.a) Tipo: _____ nº cab.: ____ Tipo: _____ nº cab.: _____ Tipo: _____ nº cab.: _____
12. Principais produções animais desenvolvidas na propriedade para consumo:
 - 12.a) Tipo: _____ nº cabeças: ____ Tipo: _____ nº cab.: ____ Tipo: _____ nº cab.: _____
13. Possui integração e parceria? 1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____
14. Tipo de mão-de-obra utilizada propriedade.1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____
 - 14.a) Nº de pessoas que fornecem a mão-de-obra familiar na propriedade.....(_____)
15. Contrata mão-de-obra assalariada?.....() Sim () Não
 - 15.a) Caso afirmativo:.....Período: _____ Quantidade: _____ Procedência: _____
16. Beneficia quais produtos na propriedade?.....1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____
17. Qual a renda familiar/mês da propriedade? R\$ _____

APP

18. O Sr. já ouviu falar em Área de Preservação Permanente (APP)?() Sim () Não
- 18.a) Se a resposta for “sim” (descrever):

.....

.....

.....

ÁGUA

19. Em sua propriedade há nascentes ou cursos d’água?() Sim () Não
- 19.a) Se a resposta for “sim” (descrever como são protegidos):

.....

.....

.....

20. De onde vem a água consumida na propriedade? 1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____
21. Caso for de manancial o mesmo possui algum tipo de proteção? 1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____
22. Falta água para o consumo humano e animal?.....() Sim () Não. Período: _____
23. Utiliza a água da chuva?.....() Sim () Não. Período: _____
24. Usa irrigação?.....() Sim () Não. Tipos: 1. _____ 2. _____
25. Utiliza as margens dos cursos de água para agropecuária?.....() Sim () Não
- 25.a) Tipos produção nas margens dos córregos:1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____

ENCOSTAS

26. As encostas com alta declividade estão protegidas com cobertura vegetal?.....() Sim () Não
- 26.a) Tipos de vegetação: 1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____

MANEJO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO DA PROPRIEDADE

27. Quantos hectares mantêm com vegetação nativa?.....(_____)
28. Espécies de árvores plantadas. 1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____
29. Planta árvores exóticas anualmente?.....() Sim () Não. Quantidade (unid.): _____
30. Espécies de árvores plantadas? 1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____
31. Área total do reflorestamento.....Hectares: _____

CONHECIMENTO SOBRE LEGISLAÇÃO

32. Possui acesso á informações sobre legislação ambiental? :.....() Sim () Não
- 32.a) Fontes de informação: 1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____

33. Possui interesse em recuperar áreas de preservação permanente em sua propriedade:.....() Sim () Não

33.a) Se a resposta for “sim” (descrever o motivo):

.....

.....

33.b) Se a resposta for “não” (descrever o motivo):

.....

.....

.....(nome recenseador)

A CADEIA DE RECICLAGEM DE PET PÓS-CONSUMO E AS DEFINIÇÕES DE SUAS ETAPAS: UM ESTUDO DE CASO NO RIO DE JANEIRO

THE POST-CONSUMER PET RECYCLING CHAIN AND DEFINITION OF THEIR STAGES: A CASE STUDY IN RIO DE JANEIRO

**Roberta Dalvo
Pereira da Conceição**

Instituto de Macromoléculas
Professora Eloisa Mano da
Universidade Federal do Rio de
Janeiro (UFRJ) –
Rio de Janeiro (RJ), Brasil.

Centro Federal de Educação
Tecnológica Celso Suckow da
Fonseca (CEFET-RJ) –
Petrópolis (RJ), Brasil.

Cristiane Pereira

Sindicato das Empresas
Despoluidoras do Ambiente e
Gestoras de Resíduos do Estado
do Rio de Janeiro (SINDIECO) –
Rio de Janeiro (RJ), Brasil.

Glauco Pessoa

Sindicato das Empresas
Despoluidoras do Ambiente e
Gestoras de Resíduos do Estado
do Rio de Janeiro (SINDIECO) –
Rio de Janeiro (RJ), Brasil.

**Elen Beatriz Accordi
Vasquez Pacheco**

Instituto de Macromoléculas
Professora Eloisa Mano da
Universidade Federal do Rio de
Janeiro (UFRJ) –
Rio de Janeiro (RJ), Brasil.

Endereço para correspondência:
Roberta D. P. da Conceição – Centro
de Tecnologia – Bloco J – Ilha do
Fundão, CP 68.525 – 21945-970 –
Rio de Janeiro (RJ), Brasil –
E-mail: rdalvo@gmail.com

RESUMO

O artigo teve por finalidade propor maior esclarecimento sobre atividades e padronização terminológica das etapas da reciclagem referentes ao material plástico, com foco no poli (tereftalato de etileno), PET. A metodologia utilizada baseou-se em pesquisa exploratória com busca em literatura científica e em sites de organizações brasileiras sobre as denominações utilizadas para a cadeia de reciclagem. Foram propostos novos termos às unidades produtivas da cadeia da reciclagem, para auxiliar a sua correta caracterização, são eles: catador, distribuidor, reciclador-distribuidor, reciclador-beneficiador e reciclador-transformador. Os termos propostos estão de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Para validação da importância da padronização, foram identificadas e caracterizadas, por meio de uma pesquisa de campo, unidades produtivas que trabalham na reciclagem de PET no Rio de Janeiro, segundo os termos tradicionalmente utilizados e de acordo com a terminologia proposta. Verificou-se que a falta de padronização dos termos conduziu a diferentes resultados sobre a cadeia de reciclagem. Também como resultado, tem-se que o Rio de Janeiro apresenta um número pequeno de reciclador-transformador e reciclador-beneficiador.

Palavras-chave: reciclagem; PET; terminologia; cadeia de reciclagem; Rio de Janeiro.

ABSTRACT

This paper aimed to propose an explanation of activities and the standardization of recycling terminologies, related to material plastic, specifically poly(ethylene terephthalate), PET. The method employed was based on exploratory research, by searching the terminologies used in recycling in scientific literature and Brazilian websites of organizations, on the words used for the recycling chain. In this study, new terms were proposed for the production units of a PET recycling chain to aid their correct characterization, such as recyclable material collector, distributor, distribution-recycler, intermediate-recycler, and molding-recycler. These terminologies are consistent with the Brazilian National Policy on Solid Waste. For validating the importance of standardization, the traditional and proposed terminologies were compared through field research on production units, which had already been working on PET recycling in Rio de Janeiro. The study concluded that a lack of standardization in the terminologies leads to different results on the recycling chain. As other result, Rio de Janeiro was found to have a small number of intermediate and molding recyclers.

Keywords: recycling; PET; terminology; recycling chain; Rio de Janeiro.

INTRODUÇÃO

O termo reciclagem foi definido na Lei nº 12.305 como o “processo de transformação que envolve a alteração das propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas de resíduos sólidos com vistas à transformação em insumos ou novos produtos” (BRASIL, 2010, Capítulo II, Art. 3º, Inciso XIV). Nesta lei, a reciclagem é mostrada como um processo único, porém, na prática, tem-se uma cadeia de atividades realizadas em diferentes etapas e, conseqüentemente, em diferentes unidades produtivas (Mano; Pacheco; BONELLI, 2005; Zanin & Mancini, 2009; NASCIMENTO *et al.*, 2010; FARIA & PACHECO, 2011; CONCEIÇÃO, 2012; FARIA & PACHECO, 2013; TENÓRIO *et al.*, 2014).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) não estabelece uma terminologia padrão para a caracterização das etapas da cadeia de reciclagem, somando-se a isso a existência de diferentes termos, verificados em literatura acadêmica ou de mercado, para a denominação dessas

etapas. A falta de padronização dificulta a formulação de políticas voltadas para a regulamentação e desoneração tributária das atividades de reciclagem.

Este estudo objetivou propor uma padronização terminológica para a caracterização da cadeia de reciclagem, sugerindo denominações específicas para cada uma das unidades jurídicas relacionadas às etapas da reciclagem, de forma a propiciar a criação de uma identidade organizacional. Também se propôs a elucidar as atividades desenvolvidas em cada etapa da reciclagem, com ênfase no material plástico. O trabalho avaliou, ainda, as unidades produtivas da cadeia de reciclagem de PET pós-consumo no Estado do Rio de Janeiro, com o objetivo de validar o uso das terminologias propostas. Neste artigo, para fins de exemplificação, foi utilizada a cadeia da reciclagem de poli (tereftalato de etileno) — PET, mas a padronização terminológica proposta adequa-se à reciclagem de um modo geral.

A cadeia da reciclagem de poli (tereftalato de etileno) pós-consumo segundo literatura

Dentre as caracterizações existentes, sabe-se que a reciclagem de plástico é desenvolvida por meio de um conjunto de atividades (coleta, separação, moagem, lavagem e moldagem) que transformam o material sem valor econômico em produto comercial, utilizando-se de equipamentos e processos industriais (FARIA & PACHECO, 2011; FARIA & PACHECO, 2013). Na reciclagem, a etapa da coleta, segundo Silva *et al.* (2003) e Coelho, Castro e Junior (2011), é tida como o alicerce do processo e consiste na separação dos materiais em sua origem ou captação com posterior envio para etapas posteriores. No estágio de separação, o material pode ser identificado pela simbologia contida no produto acabado ou pela utilização de testes de caracterização, tais como por densidade (PONGSTABODEE; Kunachitpimol; Danribgkerd, 2008), flotação (SHENT; PUGH; FORSSBERG, 1999), características triboelétricas (DODBIBA *et al.*, 2005). Por exemplo, a simbologia designada pela norma NBR 13.230 (ABNT, 2008), da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), representa o PET com setas na forma de triângulo e o número “1” no seu interior.

A separação prévia de recipientes de PET pós-consumo dos outros resíduos urbanos pode ser realizada na coleta seletiva ou em unidades de triagem, que são instalações destinadas à seleção dos recicláveis por meio

de separação manual ou mecânica. Posteriormente, os recipientes são prensados por tipo de material. No Brasil, a separação mais efetiva de materiais e a sua distribuição também podem ser realizadas pelos chamados sucateiros, que, de acordo com Pereira (2006), são geralmente pequenos empreendimentos familiares e informais. Além disso, segundo Leite *apud* Meireles e Abreu (2011), são, usualmente, empreendimentos especializados na separação de um determinado tipo de material pós-consumo ou pós-industrial.

Depois de separados, os diferentes tipos de plásticos são moídos. Em seguida, o material passa pela etapa de lavagem, para a retirada dos contaminantes. É necessário que o efluente de lavagem receba tratamento para reutilização ou emissão. Após a lavagem, o plástico é seco e transformado, geralmente, por extrusão e/ou injeção, em grãos ou em artefato (Gonçalves-Dias & Teodosio, 2006; FARIA & PACHECO, 2011).

Segundo Gonçalves-Dias & Teodosio (2006), a reciclagem de PET é composta de três etapas: recuperação (com início no descarte e término na confecção do fardo de recipientes prensados), revalorização (tem por início a compra da sucata em fardos e por fim a produção de pedaços de garrafas moídas, conhecidos por flocos ou

flakes) e a transformação (moldagem dos flocos em grânulos ou em um produto acabado). Essa forma de divisão em três etapas mostra as atividades de coleta, transporte, enfardamento, beneficiamento e transformação.

Já La Fuente (2005) classificou os fluxos percorridos pelo PET pós-consumo durante a sua reciclagem por meio de elos da cadeia. O autor classifica como reciclador qualquer membro da cadeia, independentemente de ser constituída por pessoa jurídica ou pessoa física, especificando-os em termos de atividades desenvolvidas.

Ainda segundo La Fuente (2005), a cadeia da reciclagem de PET está dividida em cinco elos, dos quais no primei-

ro haverá a coleta do resíduo reciclável. No segundo elo atuam os sucateiros e as cooperativas de materiais recicláveis com armazenamento (estocagem) de material reciclável. No terceiro estão os empreendimentos responsáveis pela separação e pelo enfardamento do material. No quarto elo estão os empreendimentos responsáveis pela moagem e lavagem. No quinto e último tem-se aquele que transforma a matéria-prima reciclável em produtos.

Segundo a literatura pesquisada, verifica-se um entendimento da responsabilidade de cada etapa da reciclagem; contudo, não há uma padronização das terminologias utilizadas para cada uma delas.

Termos utilizados para a cadeia de reciclagem segundo literatura

Os termos mais utilizados para nomeação das unidades ou dos atores que compõem a cadeia da reciclagem do PET são catadores, sucateiros e recicladores. Os catadores realizam a primeira etapa da reciclagem e são conhecidos por serem profissionais que trabalham de forma autônoma ou em cooperativas de catadores de materiais recicláveis. Organizam-se para separar os materiais recicláveis e comercializá-los (CBO, 2002). Os sucateiros são conhecidos como os responsáveis pelo direcionamento do material separado do lixo por meio do desenvolvimento de atividades simples de compra e venda de sucata (CEMPRE, 2014). Já os recicladores são conhecidos, de uma forma muito generalizada, como agentes que compram regularmente PET sob a forma de garrafas ou sob um formato de produto já processado industrialmente, caso de flocos ou grânulos de PET (ABIPET, 2014a). No atlas do saneamento do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2014), as unidades produtivas que constituem a cadeia

de reciclagem são formadas por comerciantes de recicláveis, indústria de reciclagem, entidade beneficente, depósitos e aparistas, porém não há algum tipo de denominação ou descrição desses termos.

A Tabela 1 mostra as terminologias mais utilizadas para a cadeia de reciclagem e as suas referências. Verifica-se que o termo reciclador é conhecido de forma ampla, que engloba desde o catador até o transformador, e seu papel dentro da cadeia de reciclagem como um todo pode ser erroneamente confundido.

Verifica-se certo consenso sobre o termo catador de material reciclável, que vem se consolidar principalmente após a PNRS (BRASIL, 2010). A sociedade, de um modo geral, identifica corretamente as funções de um catador, contudo não distingue as diferentes atividades desempenhadas nas etapas subsequentes da reciclagem, o que dificulta o entendimento e o conhecimento da real situação de cada uma delas, que são conduzi-

Tabela 1 - Terminologias usuais para a classificação do agente físico ou jurídico na reciclagem de plástico ou outro material.

Termos utilizados	Definição encontrada na literatura	Referência
“Burro sem rabo”, jumento	O termo pejorativo “burro sem rabo”, como outros de conotação semelhante, é bastante ouvido pelos catadores quando estão realizando o seu trabalho de “Coleta Seletiva”. Há uma vinculação da animalidade ao tipo de trabalho realizado.	Nascimento (2012)
Carapirás	Grupo de trabalhadores que tem por função a coleta de materiais descartados pela sociedade.	Romani (2004) <i>apud</i> Ungaretti (2010)

Continua...

Tabela 1 - Continuação

Termos utilizados	Definição encontrada na literatura	Referência
Carrinheiro	Trabalhador que tem por função a coleta de materiais descartados pela sociedade.	Ungaretti (2010)
	Aquele que na base da cadeia produtiva do processo de reciclagem coleta um produto que existe em grande quantidade e a um custo zero.	Schikowski <i>et al.</i> (2003)
Catador	Profissional que se organiza de forma autônoma ou em cooperativas. Trabalha para venda de materiais a empresas ou cooperativas de reciclagem.	Calderoni (1998)
	Trabalhador que tem por função a coleta de materiais descartados pela sociedade.	Ungaretti (2010) e Cempre (2014)
	Profissional (organizado ou não em associações ou cooperativas) que recolhe recicláveis, totalmente ou parcialmente separados, e os envia às operações de triagem e classificação ou às unidades onde ocorrem as operações de beneficiamento.	Lajolo, Azevedo e Consoni (2003)
	Responsável pelo recolhimento dos resíduos descartados e pela triagem mediante separação por características físicas.	Zanin <i>et al.</i> (2006)
	Envolvido nos processos de separação do resíduo, ou seja, coleta, prensagem e enfardamento.	Silva & Motta (2007)
	Aquele que coleta, separa, ensaca, amarra e classifica o material de acordo com a pureza.	MNCR (2009)
	Trabalhador informal dotado de conhecimentos práticos com habilidade para encontrar, coletar, separar e vender os materiais recicláveis.	ABIPET (2014b)
“Catador avulso”	Recuperador de materiais recicláveis.	Rutkowski, Varella e Campos (2014)
“Catador carrinheiro”	Toda pessoa que exerce a atividade de coleta seletiva de materiais recicláveis, nas vias públicas da cidade, utilizando-se de carrinho coletor.	Paraná (1998)
		Lima (2010)
“Catador empreendedor”	Aquele, que na base da cadeia produtiva do processo de reciclagem, coleta um produto que existe em grande quantidade a um custo zero.	Schikowski <i>et al.</i> (2003)
Catador de material reciclável ou sucata ou vasilhame	Os trabalhadores da coleta e seleção de material reciclável são responsáveis por coletar material reciclável e reaproveitável, vender material coletado, selecionar material coletado, preparar o material para expedição, realizar manutenção do ambiente e equipamentos de trabalho, divulgar o trabalho de reciclagem, administrar o trabalho e trabalhar com segurança.	CBO (2002)
Coletor	Pessoa que cata materiais recicláveis para revender.	Couto (2006)
	Responsável pela coleta de materiais recicláveis.	Plastivida (2014)
Garrafeiro	Trabalhador que movimenta o ambiente de materiais recicláveis.	Alves (2012)
	Agente da reciclagem que retira os materiais recicláveis diretamente dos lixões ou aterros ou do lixo depositado nas calçadas, entregando-os a carrinheiros ou a sucateiros.	CBO (2002)

Continua...

Tabela 1 - Continuação

Termos utilizados	Definição encontrada na literatura	Referência
Trapeiro	Trabalhador com função de coleta de materiais descartados pela sociedade.	Romani (2004) <i>apud</i> Ungaretti (2010)
Beneficiador	Empresa recicladora que trabalha com o processamento de materiais pós-industriais e pós-consumo.	Faria (2011)
Empresa recicladora ou de reprocessamento	Responsável pelo reprocessamento da embalagem PET, transformando-a em dois subprodutos: flocos (<i>flake</i>) e grãos (<i>pellets</i>).	Zanin <i>et al.</i> (2006)
“Empreendimento revalorizador”	Indústria que realiza uma etapa intermediária, transformando os materiais retirados do lixo em matéria-prima para outra indústria.	Rutkowski, Varella e Campos (2014)
Reciclador	Responsável por aplicar procedimentos específicos para cada material, transformando os resíduos recicláveis em novos insumos para outra indústria.	Lajolo, Azevedo e Consoni (2003)
	Utilização de processos de beneficiamento dos materiais, como moagem e extrusão para posterior transformação.	Silva & Motta (2007)
	Executa o processo de transformação dos resíduos sólidos, que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelo órgão competente.	Brasil (2010)
	Compra PET regularmente sob a forma de garrafas ou sob o formato de qualquer tipo de resíduo ou rejeito industrial, e vendem <i>flakes</i> ou grânulos de PET.	ABIPET (2014b)
	Empresa de transformação em produto a partir de material virgem ou reciclado.	CEMPRE (2014)
	Transforma materiais usados em materiais novos.	Plastivida (2014)
	São as empresas que compram <i>flakes</i> ou grânulos para utilizá-los como matéria-prima em seus processos industriais.	ABIPET (2014b)
	Indústria que recebe o material reciclável e o comercializa	MNCR (2009)
	As cooperativas têm finalidade essencialmente econômica, viabilizando o negócio produtivo de seus associados junto ao mercado.	SEBRAEMG (2014)
	Organização que tem por finalidade a promoção de assistência social, educacional, cultural, representação política, defesa de interesses de classe, filantrópicas.	SEBRAEMG (2010)
“Empreendimento transformador”	Indústria que fabrica produtos de papel e plástico a partir de matéria-prima produzida com material revalorizado. No caso dos plásticos, sob a forma de grãos ou flocos.	Rutkowski, Varella e Campos (2014)

Continua...

Tabela 1 - Continuação

Termos utilizados	Definição encontrada na literatura	Referência
“Empresa de recuperação”	Empreendimento, empresa ou núcleo de catadores mais organizados que aplicam procedimentos específicos para cada material, transformando os resíduos recicláveis em novos insumos para a indústria.	Lajolo, Azevedo e Consoni (2003)
	Também chamada de pré-indústria de beneficiamento que beneficia, mói, lava e transforma resíduos em matéria-prima para outra indústria.	MNCR (2009)
“Indústria de transformação”	Indústria que utiliza materiais reciclados ou sua mistura com matérias-primas virgens para produzir um bem ou produto. Também chamada de indústria de transformação.	Lajolo, Azevedo e Consoni (2003)
“Indústria recicladora” ou de reciclagem	Empresa que recebe a sucata já selecionada para fins de transformação dos materiais recicláveis.	Guadagnin <i>et al.</i> (2010)
	Negócio que comercializa materiais recicláveis.	Couto (2006)
Recuperador	Empreendimento que desempenha atividades relacionadas a prensagem, moagem, lavagem e secagem do material advindo da etapa de coleta e triagem.	Zanin <i>et al.</i> (2006)
Atravessador	Pequeno comerciante que compra materiais recicláveis de catadores e revende-os.	Couto (2006)
	Compra o material, transporta-o e controla o negócio.	MNCR (2009)
	Empreendimento que desempenham atividades de intermediação entre os catadores e as empresas de recuperação.	Zanin <i>et al.</i> (2006)
	Intermediário entre o catador e a indústria.	Ungaretti (2010)
Depósito, “ferrovelho”	Compra e comercialização de material semisselecionado, podendo também executar uma triagem secundária.	Rutkowski, Varella e Campos (2014)
Intermediário	Intermediário entre o catador e a indústria.	Ungaretti (2010)
Sucateiro	Empreendimento que negocia com catadores e empresas de recuperação.	Zanin <i>et al.</i> (2006)
	Cooperativa e/ou empresa responsável pelo escoamento do material separado do lixo por meio do desenvolvimento de atividades de compra e venda de sucata.	CEMPRE (2014)
	Empresa e microempresa que se dedica a compra e venda de materiais recicláveis.	Guadagnin <i>et al.</i> (2010)
	Intermediário entre o catador e a indústria.	Ungaretti (2010)
	Intermediário na cadeia de comercialização.	Legaspe (1996) <i>apud</i> Conceição (2003)
	Compra e comercializa materiais semisselecionados.	Rutkowski, Varella e Campos (2014)
	Pequeno comerciante que compra de catadores e revende materiais recicláveis.	Couto (2006)
	Compra o material, transporta-o e controla o negócio.	MNCR (2009)

Continua...

Tabela 1 - Continuação

Termos utilizados	Definição encontrada na literatura	Referência
Deposito	São também conhecidos como atravessadores ou donos de depósitos.	MNCR (2009) e Santos, Maciel e Matos (2013)
Cooperativa	Cooperativa e (ou) empresa responsável pelo desenvolvimento de atividades de compra e venda de sucata.	CEMPRE (2014)
“Cooperativa de catadores”	Sociedade ou empresa constituída por membros de determinado grupo econômico ou social e que objetiva desempenhar, em benefício comum, determinada atividade econômica.	Ferreira (2010)
	Empreendimento recuperador de materiais recicláveis.	Rutkowski, Varella e Campos (2014)
	Associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis, geralmente, formada por pessoas físicas de baixa renda.	Brasil (2010)
	Associação autônoma de pessoas que se unem, voluntariamente, para satisfazer aspirações e necessidades econômicas, sociais e culturais comuns, por meio de uma empresa de propriedade coletiva e democraticamente gerida.	CBO (2002)
“Associação de catadores”	É uma associação autônoma de pessoas que se unem, voluntariamente, que por meio de uma empresa de propriedade coletiva e democraticamente gerida, recebem e separam materiais recicláveis.	MNCR (2009)
	Cooperativa de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis, geralmente, formadas por pessoas físicas de baixa renda.	Brasil (2010)
	Empreendimento recuperador de materiais recicláveis.	Rutkowski, Varella e Campos (2014)
	Organização que tem por finalidade a promoção de assistência social, educacional, cultural, representação política, defesa de interesses de classe, filantrópicas.	SEBRAEMG (2010)

das por unidades produtivas (jurídicas) diferentes. Com isso, por exemplo, não se sabe ao certo a capacidade real da reciclagem instalada no país ou em um Estado, o que pode gerar dificuldades na realização de pesquisas e até na obtenção de subsídios econômicos.

Este trabalho teve como objetivo sugerir termos que levem a uma identificação rápida e fácil da etapa de reciclagem desempenhada e validá-los a partir de uma pesquisa de campo e de bases de dados brasileiras, acessíveis à sociedade de um modo geral.

METODOLOGIA

Com base no objetivo do estudo, tomou-se como referência a definição proposta por Ferreira (1999, p. 1948) de terminologia: “conjunto de termos próprios duma arte ou duma ciência; nomenclatura”.

Outra definição utilizada, para efeito do estudo, foi o termo “unidade produtiva” como sendo “uma unidade tomadora de decisão que possui entradas, que se referem aos insumos empregados por ela no proces-

so produtivo, e saídas, que se referem à produção obtida” (JUBRAN, 2006, p. 100).

O estudo concentrou-se em dois tipos de pesquisa: exploratória e descritiva. Exploratória, pois buscou explicitar o problema por meio de um levantamento bibliográfico (GIL, 2012), em artigos e bases científicas, dos termos utilizados para denominação dos participantes jurídicos da cadeia da reciclagem. Dessa forma, buscaram-se, na literatura, definições já utilizadas para as diferentes atividades envolvidas na cadeia de reciclagem, como já mostrado. As pesquisas foram realizadas em revistas e periódicos científicos no período de dezembro de 2013 a fevereiro de 2014. Para esta pesquisa, foram consideradas as palavras “catador”, “cooperativa”, “distribuidor”, “beneficiador” e “reciclador”. Outras palavras relacionadas com o ator ou com a atividade de reciclagem e a identificação das unidades envolvidas na cadeia da reciclagem de plásticos ou PET pós-consumo também foram investigadas em bases de dados brasileiras, Associação Brasileira da Indústria do PET — ABIPET (2014a), Associação Brasileira da Cadeia de Sustentabilidade Ambiental do PET — ABREPET, Compromisso Empresarial para Reciclagem — CEMPRES (2014), Instituto Socioambiental dos Plásticos — Plastivida (2014), de fácil acesso à sociedade. Essas bases de dados foram denominadas de A, B, C e D, sem especificá-las.

A pesquisa também caracterizou-se como descritiva, uma vez que se descreveram as características de um determinado grupo ou fenômeno (GIL, 2012). Após esta etapa, foi construído um modelo de padronização terminológica para caracterização e classificação das unidades produtivas da cadeia de reciclagem e posterior enquadramento das unidades produtivas de reciclagem de PET pós-consumo do Rio de Janeiro, identificadas segundo modelo sugerido.

Foram realizadas visitas às unidades produtivas no Rio de Janeiro e entrevistas com os seus gerentes, para caracterização e identificação de suas atividades envolvidas dentro da cadeia da reciclagem de PET pós-consumo, com o objetivo de conhecer para, então, classificá-las dentro das novas terminologias.

Durante as visitas foi aplicado um questionário que apresentou perguntas abertas, com respostas livres, e perguntas fechadas, que permitiram escolhas ou ponderação. Foi composto por 32 perguntas que foram divididas em 3 temas para avaliação: perfil organizacional das unidades produtivas da rota de reciclagem de PET no Rio de Janeiro; perfil referente ao processo produtivo; e atividades associadas à rota de fluxo do PET. Essa divisão tinha por finalidade o conhecimento quantitativo e qualitativo da reciclagem desse poliéster no Estado do Rio de Janeiro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A falta de caracterização das unidades produtivas da indústria de reciclagem auxilia no desconhecimento da sua realidade e no estabelecimento de preconceitos. Como exemplo, tem-se o termo sucateiro, que coloquialmente refere-se a um tipo de empresa que trabalha com resíduo, independentemente do tipo de material. Sua função é a distribuição de materiais recicláveis, trabalho também importante na cadeia de reciclagem. Contudo, segundo Ferreira (2009), a palavra sucata é associada a materiais de composição ferrosa (ferro) e sucateiro é o indivíduo que negocia com suca-

ta ou aquele que trabalha mal. Por outro lado, na PNRS (BRASIL, 2010), o termo sucata não é contemplado, mas foram definidos outros dois termos, rejeito e resíduo. Resíduo ou rejeito é todo material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade. O que difere esses dois termos é que o rejeito, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresenta outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010).

Proposta de definição das terminologias para a cadeia de reciclagem

A partir das considerações anteriores, são propostas novas terminologias (Tabela 2) para a padronização das unidades produtivas da rota do PET pós-consumo e suas atividades desempenhadas. Os termos propostos são: distribuidor, reciclador-distribuidor,

reciclador-beneficiador e reciclador-transformador. A palavra catador foi colocada na tabela, apesar de ser um termo já conhecido, pois sua função é de extrema importância na cadeia de reciclagem. Sugere-se enfaticamente que o termo catador de material

Tabela 2 - Terminologias sugeridas para as categorias e agentes físicos ou jurídicos envolvidos na cadeia de reciclagem de plásticos.

Termos propostos segundo classificação por categoria e etapa na cadeia de reciclagem	Termos a serem substituídos	Descrição da unidade produtiva segundo o termo proposto
Catador de material reciclável	“Burro sem rabo”, carapirás, catador, “catador avulso”, “catador carrinheiro”, “catador empreendedor”, “catador de material reciclável”, “catador de sucata”, “catador de vasilhame”, carrinheiro, carroceiro, coletor, ferro-velho, garrafeiro, jumento, trapeiro.	Profissional que coleta diretamente o material do gerador. Organizam-se de forma individual ou coletiva para desempenharem suas atividades por meio da catação, coleta, recepção, segregação, classificação e venda de materiais recicláveis.
Distribuidor	“Associações de catadores”.	Associação autônoma de pessoas que se unem voluntariamente por meio de uma empresa de propriedade coletiva; ou sociedade constituída por membros de determinado grupo econômico ou social; ou pessoa jurídica que recebem, separam, compram, intermedeiam, transportam e controlam o fluxo de materiais recicláveis a granel (em escala) entre o catador e o reciclador-beneficiador.
	“Cooperativas de catadores de materiais”.	
	“Pequenos sucateiros”.	
	Deposeiro.	
Reciclador-distribuidor	“Gerenciador de resíduos”.	Pessoa jurídica que presta serviço, por meio de terceirização, de gerenciamento e intermediação de resíduos; ou associação autônoma de pessoas que se unem voluntariamente e por meio de uma empresa de propriedade coletiva e democraticamente gerida; ou pessoa jurídica licenciada responsável pela compra em atacado, revalorização, intermediação, enfardamento, transporte de materiais recicláveis de acordo com as especificações do reciclador-beneficiador ou do reciclador-transformador.
	“Cooperativas de catadores”.	
	“Sucateiros”, reciclador.	
Reciclador-beneficiador	“Empresas de beneficiamento”, beneficiador, “empresa recicladora”, “empreendimentos revalorizadores”, “empresas de reprocessamento”, reciclador.	Pessoa jurídica licenciada que desempenha atividades de agregação de valor por meio de processos como moagem, lavagem e secagem do material reciclável na forma de flocos.
Reciclador-transformador	“Empresas de transformação”, “indústria de transformação”, “indústria de reciclagem”, reciclador.	Pessoa jurídica licenciada que utiliza em seu processo produtivo materiais recicláveis, em sua totalidade ou próximo desta, para produção de matéria-prima (<i>pellets</i>) para outras indústrias ou produção de artefatos que serão reintroduzidos na cadeia produtiva de consumo.

reciclável substituía “burro sem rabo”, carrinheiro, carroceiro, triador de sucata e garrafeira, atendendo, assim, à PNRS.

Os termos propostos foram baseados nas especificidades de cada unidade produtiva da rota da reciclagem PET pós-consumo e podem ser utilizados também para a reciclagem de outros plásticos e materiais. Na elaboração dos termos usou-se, principalmente, o conceito estabelecido para reciclagem na PNRS (BRASIL, 2010).

Definição do processo de reciclagem de poli (tereftalato de etileno) no Rio de Janeiro

Diante das especificidades apresentadas, a cadeia da reciclagem é composta por diferentes atividades (etapas) realizadas por unidades produtivas (Figura 1) que estão de acordo com a terminologia sugerida.

Buscou-se visitar primeiramente os recicladores-beneficiadores, que poderiam apontar seus fornecedores e clientes, as localizações destes e outras unidades produtivas da cadeia de reciclagem. A partir dos recicladores-beneficiadores foram obtidos contato e informações dos recicladores-distribuidores e recicladores-transformadores. As visitas de campo permitiram conhecer e descrever o processo de reciclagem de PET, que se encontra relatado na Figura 2.

Dessa forma, a atividade de reciclagem já pode ser considerada a partir da atividade de prensagem ou moagem do material pós-consumo ou pós-industrial, pois, nestes casos, o produto pós-consumo passa por um processo industrial. Enquanto o produto estiver em seu formato original, ele ainda não sofreu nenhum processo de reciclagem. A coleta é uma parte da cadeia de reciclagem; contudo, nessa etapa o material ainda não sofreu transformação.

As garrafas de PET pós-consumo a granel são coletadas e encaminhadas aos recicladores-distribuidores. Nessas unidades, grandes sacos com PET são numerados na forma de lote, com o intuito de verificar e controlar a procedência do material. Esse sistema permite também valorizar o material quanto ao nível de sua pureza. O controle de lotes viabiliza o gerenciamento do pagamento do material ao fornecedor e procura dificultar a introdução, nesses grandes sacos, de materiais diferentes do PET. Ainda nos recicladores-distribuidores, após recebimento, os materiais recicláveis a granel são encaminhados à esteira de separação (Figura 2 — etapa 1) e enfardados. São armazenados por cor e tipo. O PET a granel é prensado em fardos que variam de massa (80 a 120 kg) e tama-

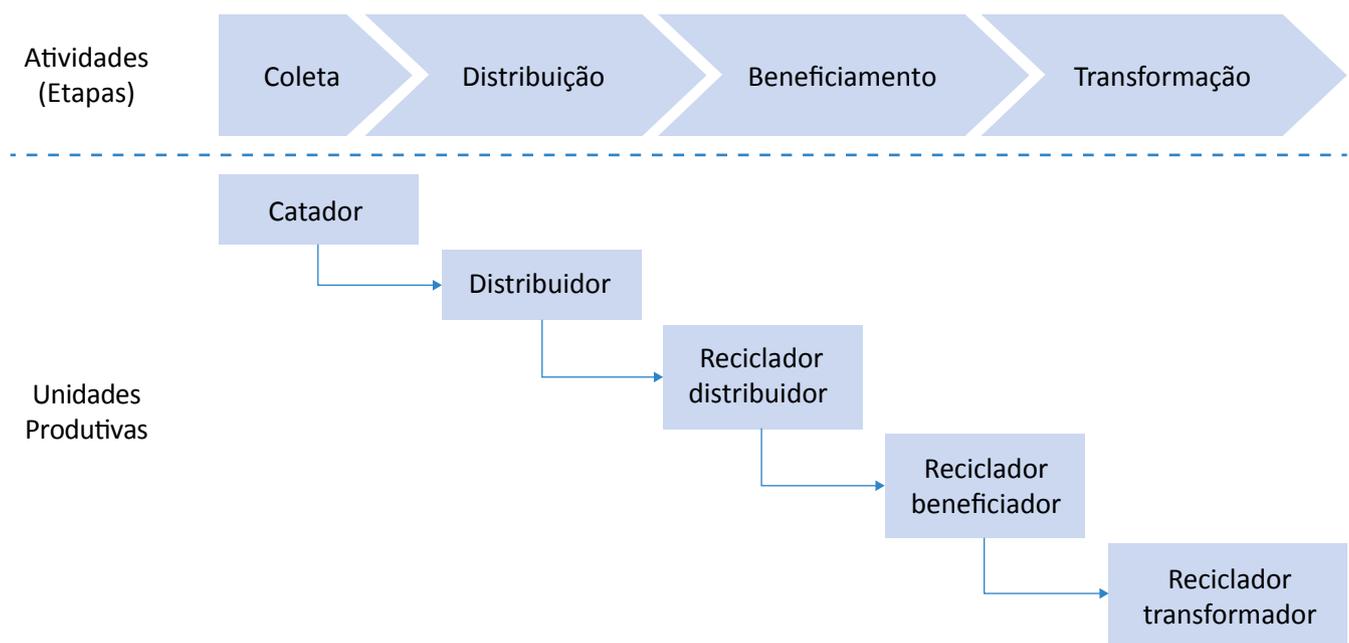
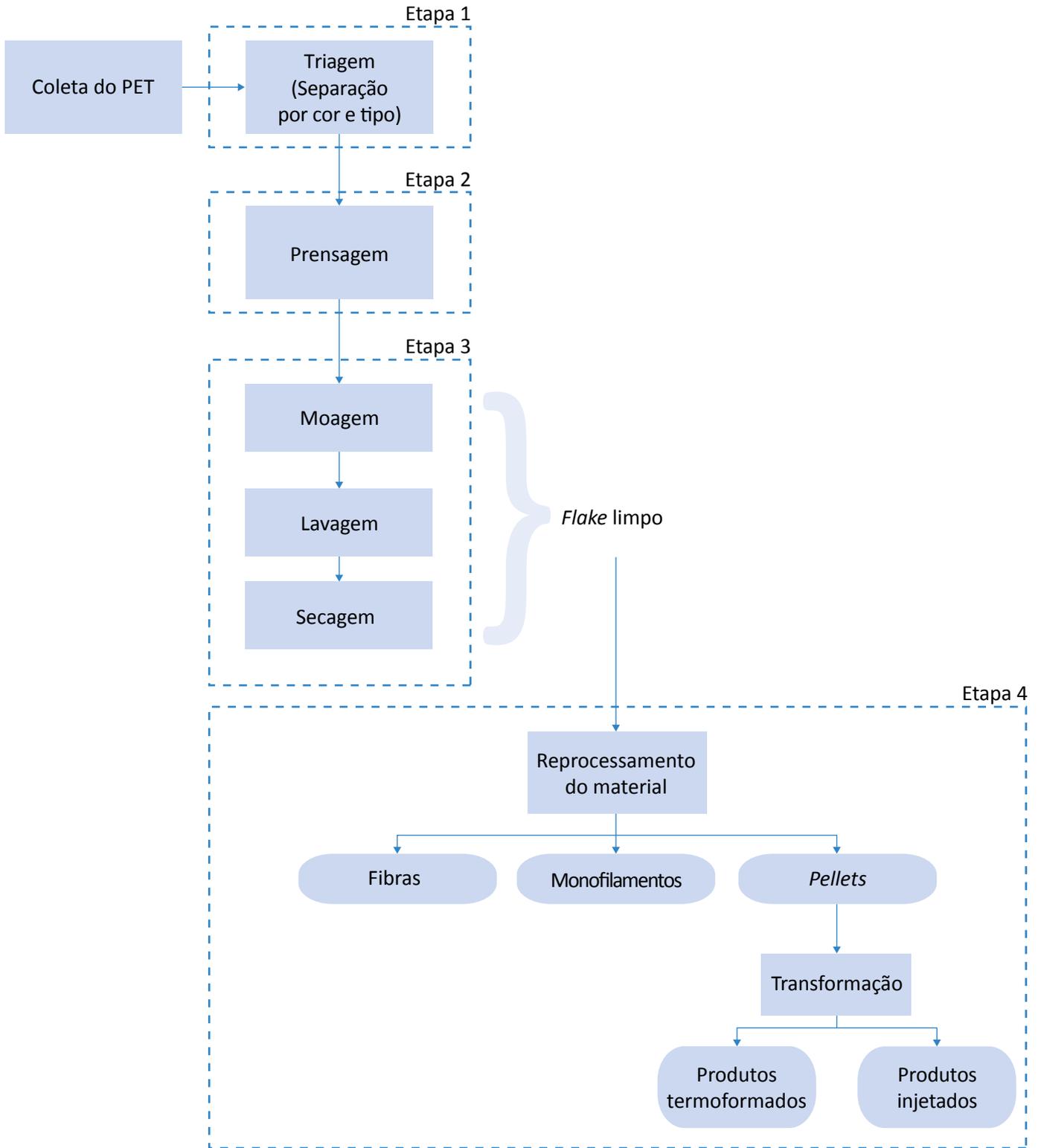


Figura 1 - Unidades produtivas correlacionadas as suas atividades na reciclagem de poli (tereftalato de etileno) pós-consumo.



PET: poli (tereftalato de etileno).

Figura 2 - Esquema das etapas da cadeia de reciclagem de poli (tereftalato de etileno) pós-consumo.

nho (de 750 x 600 x 800 mm a 1100 x 600 x 1000 mm) de acordo com a capacidade da prensa utilizada (Figura 2 — etapa 2). Os fardos são direcionados aos recicladores-beneficiadores por meio de caminhão de frota própria ou fretado.

Nos recicladores-beneficiadores (Figura 2 — etapa 3), o fardo de PET pós-consumo é beneficiado por meio do processo de nova retirada de contaminantes, moagem, lavagem e secagem do material, obtendo-se pedaços moídos de garrafas na dimensão de aproximadamente 2 x 2 mm, conhecidos por *flakes*.

Foi observada, nas visitas às recicladoras de PET do Rio de Janeiro, a existência de uma unidade produtiva que trabalhava simultaneamente com materiais pré-consumo (resíduos oriundos diretamente da indústria) e pós-consumo, porém esse tipo de material mais limpo (pré-consumo) não correspondia a 5% em massa do material comumente trabalhado. Todas as outras unidades produtivas visitadas trabalhavam somente com o pós-consumo.

Nos recicladores-transformadores (Figura 2 — etapa 4), o material advindo dos recicladores-beneficiadores é reprocessado e direcionado para a fabricação de fibra, monofilamentos ou *pellets*. Os *pellets* são transformados em produtos por meio de extrusão, termoformação ou injeção e, posteriormente, são enviados para o mercado consumidor. Pelo fato de haver somente um reciclador-transformador no Rio de Janeiro, os recicladores-beneficiadores en-

viam seus *flakes* também para outras unidades em outros Estados.

Foi observado que as etapas iniciais da reciclagem (coleta e distribuição) podem ser realizadas por diferentes unidades produtivas, apresentando muitos intermediários, como também confirmado por Gonçalves-Dias & Teodosio (2006). Distribuidores podem repassar para outros distribuidores, que repassam para recicladores-beneficiadores.

Na indústria de reciclagem de plástico, principalmente no caso das poliolefinas, as etapas de beneficiamento e transformação podem ser executadas em uma mesma unidade produtiva, fato observado também por Farias & Pacheco (2011). Contudo, no caso da reciclagem do PET, a cadeia apresenta segmentos bem definidos de beneficiamento e transformação. Geralmente, a empresa que faz o beneficiamento não transforma o *flake* em produtos. Observou-se, a partir das visitas, que quanto mais próximo das etapas de transformação, mais especializados são os processos e melhor é estruturada a gestão do negócio das unidades produtivas, uma vez que, a partir dessas etapas, alguns empreendimentos passam a obter certificações de qualidade, como a NBR ISO 9001 (2014), com o intuito de competir no mercado externo. Tal característica fica evidente nas etapas seguintes ao reciclador-distribuidor, embora exista uma preocupação de toda a cadeia em atender às especificidades das etapas subsequentes.

Identificação das unidades pertencentes à cadeia de reciclagem de poli (tereftalato de etileno): estudo de caso do Rio de Janeiro

Buscou-se identificar as unidades produtivas que trabalham na cadeia de reciclagem de PET no Rio de Janeiro a partir das informações das bases de dados mencionadas no item Metodologia. Nessa avaliação foram excluídos os empreendimentos que estavam contabilizados mais de uma vez em mais de uma base.

Foram cadastrados nos 4 *sites* das bases consultadas, citadas na metodologia, 32 sucateiros e, dependendo do *site*, até 29 recicladores pertencentes à cadeia de PET no Rio de Janeiro, segundo as terminologias tradicionalmente conhecidas, como mostrado na Tabela 3.

A falta de padronização dos termos para a cadeia de reciclagem é uma prática verificada no país. Um exemplo disso pode ser observado no relatório executivo “Diagnóstico Preliminar de Resíduos Sólidos da Cidade do Rio de Janeiro”, emitido pela prefeitura do Rio de Janeiro, que usou o termo “entidade de catadores de materiais recicláveis” para designar “cooperativas de catadores, associações, empresas e organizações religiosas que atuam na reciclagem” (Secretaria Municipal de Meio Ambiente, 2015, p. 15). Essa situação é caracterizada por Silva, Fugii e Marini (2015, p. 24), quando afirmam que a cadeia da reciclagem é “uma cadeia complexa, dependente de uma organização e arranjo institucional”.

Enquadramentos das unidades produtivas segundo terminologia sugerida

Foi realizada outra classificação das unidades produtivas cadastradas, porém de forma diferente da anterior, agora segundo as terminologias sugeridas neste artigo (Tabela 4).

Os números das unidades produtivas distribuídas de acordo com cada etapa de reciclagem segundo terminologia proposta são bem diferentes daqueles informados nos bancos de dados pesquisados. Os itens não categorizados foram empreendimentos que as bases

informaram como sendo recicladores, mas não puderam ser classificados conforme a terminologia proposta, por falta de informações sobre o negócio e/ou as atividades desenvolvidas pelos mesmos.

Caso as unidades produtivas fossem classificadas como sugerido neste artigo, não haveria dúvidas quanto a sua atividade. Dessa forma, propõe-se que haja uma padronização nos termos utilizados para a denominação da cadeia de reciclagem de qualquer tipo de material.

Tabela 3 - Classificação de unidades produtivas físicas e jurídicas da cadeia da reciclagem de poli (tereftalato de etileno) no Rio de Janeiro, segundo bases de dados pesquisadas.

Base de dados	Número de unidades produtivas		
	Recicladores	Sucateiros	Cooperativa/associação
A	29	32	0
B	19	0	13
C	1	0	0
D	9	0	0

Tabela 4 - Reclassificação dos agentes físicos e jurídicos identificados nas bases de dados pesquisadas de acordo com nova terminologia da cadeia de reciclagem de poli (tereftalato de etileno) no Rio de Janeiro.

Base de dados	Número de unidades produtivas segundo redistribuição terminológica				
	Distribuidor	Reciclador-distribuidor	Reciclador-beneficiador	Reciclador-transformador	Não categorizados
A	14	32	3	1	11
B	10	0	3	1	18
C	0	0	–	1	–
D	0	0	3	1	5

CONCLUSÕES

Confirmou-se, a partir deste estudo, que a padronização dos termos para denominação das etapas da cadeia de reciclagem viabilizará ter informações mais detalhadas e precisas sobre o processo. Ou seja, é confirmado que a cadeia de reciclagem ainda não é

conhecida em sua totalidade no Brasil. A definição das unidades produtivas na cadeia de reciclagem também poderá facilitar o acesso a possíveis incentivos fiscais, financeiros ou creditícios, como previsto na PNRS.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Sindicato das Empresas Despoluidoras do Ambiente e Gestoras de Resíduos do Estado do Rio de Janeiro (SINDIECO), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico

e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ).

REFERÊNCIAS

ABIPET – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PET. 2014a. Disponível em: <<http://www.abipet.org.br/index.html?method=mostrarInstitucional&id=36>>. Acesso em: 20 fev. 2014.

ABIPET – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PET. *Censo da Reciclagem de PET 2004/2005*. 2014b. Disponível em: <<http://www.abipet.org.br/index.html?method=mostrarInstitucional&id=7>>. Acesso em 27 nov. 2014.

ALVES, D. J. O perfil das demandas para a proteção social dos catadores de materiais recicláveis de Guarapuava-PR. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais Aplicadas) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2012.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR ISO 9001*. Sistema de gestão da qualidade. São Paulo: ABNT, 2001. Disponível em: <http://www.fasi.edu.br/files/biblioteca/NBR_iso9001.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2014.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR ISO 13230*. Simbologia indicativa de reciclabilidade e identificação de materiais plásticos – Simbologia. São Paulo: ABNT, 2008.

BRASIL. *Lei nº 12.305*, de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: <http://www.mncr.org.br/box_2/instrumentos-juridicos/leis-e-decretos-federais/decreto-no-7-404-regulamentacao-da-pnrs/view>. Acesso em: 16 mar. 2011.

CALDERONI, S. *Os bilhões perdidos no lixo*. São Paulo: Humanitas, 1998.

CBO – CLASSIFICAÇÃO BRASILEIRA DE OCUPAÇÃO. 2002. Disponível em: <<http://www.mtecbo.gov.br/cbsite/pages/pesquisas/BuscaPorTituloResultado.jsf>>. Acesso em: 04 fev. 2014.

CEMPRE – COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM. Fichas técnicas. 2014. Disponível em: <http://www.cempre.org.br/fichas_tecnicas.php?lnk=ft_plastico_filme.php>. Acesso em: 16 fev. 2014.

COELHO, T. M.; CASTRO, R.; JUNIOR, J. A. Gobbo. PET containers in Brazil: Opportunities and challenges of a logistic model for post-consumer waste recycling. *Resources, Conservation and Recycling*, n. 55, p. 291-299, 2011. Disponível em: <<http://www.Elsevier.com/locate/resconrec>>. Acesso em: 06 dez. 2013.

CONCEIÇÃO, M. M. *Os empresários do lixo: um paradoxo da modernidade*. Análise interdisciplinar das Cooperativas de reciclagem de lixo. Campinas: Editora Átomo, 2003.

CONCEIÇÃO, R. D. P. *Avaliação da pegada de carbono dos canais de distribuição reversos da embalagem de PET pós-consumo no Rio de Janeiro com base em redes interorganizacionais*. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Polímeros) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

COUTO, A. M. S. *Das Sobras à indústria da reciclagem: a invenção do lixo na cidade*. 2006. Tese (Doutorado em História Social) – Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2006.

DODBIBA, G.; SADAHI, J.; OKAYA, K.; SHIBAYAMA, A.; FUJITA, T. The use of air tabling and triboelectric separation for separating a mixture of three plastics, *Minerals Engineering*, v. 18, p. 1350-1360, 2005.

- FARIA, F. P. Avaliação do desempenho ambiental do processo de reciclagem de poliolefinas utilizando as ferramentas produção mais limpa, análise envoltória de dados e análise swot. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Polímeros) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.
- FARIA, F. P. & PACHECO, E. B. A. V. A reciclagem de plástico a partir de conceitos de Produção mais limpa. *GEPROS – Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, v. 6, n. 3, p. 93-107, 2011.
- FARIA, F. P. & PACHECO, E. B. A. V. Environmental indicators for the plastic recycling industry. In: CULLERI, J. C. *Recycling-Technological Systems, Management Practices and Environmental Impact*. New York: Nova Publishers, 2013.
- FERREIRA, A. B. H. *Novo Aurélio* - o Dicionário da Língua Portuguesa. 3ª ed. São Paulo: Editora Nova Fronteira, 1999.
- GENT, M. R.; MENENDEZ, M.; TORAÑO, J.; DIEGO, I. Recycling of plastic waste by density separation: prospects for optimization". *Waste Management & Research*, v. 27, p. 175-187, 2009.
- GIL, A. C. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. São Paulo: Atlas, 2012.
- GONCALVES-DIAS, S. L. F. & TEODOSIO, A. S. S. Estrutura da cadeia reversa: “caminhos” e “descaminhos” da embalagem PET. *Produção*, v. 16, n. 3, p. 429-441, 2006. Disponível em: <www.producaoonline.org.br/>. Acesso em: 05 set. 2014.
- GUADAGNIN, M. R.; TUON, J.; PESCADOR, G. M.; BALLMANN, C.; MONSANI, M. J. Conhecer para integrar como alternativa para quebra de relações de dependência dos catadores de materiais recicláveis. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL. 5., 2006. PORTO ALEGRE. *Anais...* Porto Alegre: ABES, 2006. Disponível em: <<http://repositorio.unesc.net/bitstream/handle/1/1373/Conhecer%20para%20integrar.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 20 jul. 2014.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas_saneamento/pdfs/mappag58.pdf>. Acessado em: 23 jan. 2014.
- JUBRAN, A. J. *Modelo de análise de eficiência na administração pública: estudo aplicado às prefeituras brasileiras usando a análise envoltória de dados*. Tese (Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- LA FUENTE, J. M. *Características de arranjos de negócios na logística reversa de latas de alumínio e embalagens PET na baixada santista*. Dissertação (Mestrado) – Centro de Gestão de negócios, Universidade Católica de Santos, Santos, 2005.
- LAJOLO, R. D.; AZEVEDO, R. M. B.; CONSONI, A. J. In: LAJOLO, R. D. (Org.). *Cooperativa de catadores de materiais recicláveis: guia de implantação*. São Paulo: IPT, 2003. v. 1 n. 11 p. 1.
- LIMA, R. M. Catadores e carrinheiros: estratégias de sobrevivência em face das Políticas de Planejamento Urbano. *Revista de Políticas Públicas*, v. 14, p. 285-290, 2010. Disponível em: <<http://www.periodicoeletronicos.ufma.br/index.php/rppublica/article/view/422/815>>. Acesso em: 10 jun. 2013.
- MANO, E. B.; PACHECO, E. B. A. V.; BONELLI, C. M. C. *Meio ambiente, poluição e reciclagem*. São Paulo: Edgard Blucher, 2005.
- MEIRELES, M. E. F. & ABREU, J. C. Sucateiros, ferros-velhos, recicladores: um diagnóstico para caracterização desses empreendimentos na cadeia produtiva reversa de resíduos sólidos recicláveis. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ENEGEP): Inovação Tecnológica e Propriedade Intelectual: Desafios da Engenharia de Produção na Consolidação do Brasil no Cenário Econômico Mundial, 31. Belo Horizonte, MG, Brasil, 04 a 07 de outubro de 2011.
- MNCR – Movimento Nacional dos Catadores de Recicláveis. 2009. Disponível em: <<http://www.mnrc.org.br/biblioteca/formacao-e-conjuntura/ciclo-da-cadeia-produtiva-de-reciclagem>>. Acesso em: 12 abr. 2016.

NASCIMENTO, J. B. *Os “burros sem rabo” na sociedade de consumo: invisibilidade, consumo ostensivo e reconhecimento*. Tese (Doutorado em Ciências Sociais) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2012.

NASCIMENTO, L. F. M.; TREVISAN, M.; FIGUEIRÓ, P. S.; BOSSLE, M. B. Inovações na Cadeia de Produção e Consumo de Embalagens PET. *In: ENCONTRO DA ANPAD*, 34. Rio de Janeiro, 25 a 29 de setembro de 2010. Disponível em: <<http://www.anpad.org.br/admin/pdf/gct1931.pdf>>. Acesso em: 18 abr. 2016.

OCB – ORGANIZAÇÃO DAS COOPERATIVAS BRASILEIRAS. Disponível em: <<http://www.mtecbo.gov.br/cbosite/pages/pesquisas/BuscaPorTituloResultado.jsf>>. Acesso em: 05 fev. 2014.

PARANÁ. *Lei nº 1143*, de 8 de junho de 1998, Câmara Municipal de Campo Mourão. Disponível em: <http://www.campomourao.pr.gov.br/_GI/pdf/_modulos/legislacao/00217.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2013.

PEREIRA, A. M. Estudo da cadeia produtiva da reciclagem do PET no Estado do Rio de Janeiro através de avaliação de impactos ambientais. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

PLASTIVIDA – INSTITUTO SÓCIO-AMBIENTAL DOS PLÁSTICOS. *Recicladores e coletores*. Disponível em: <<http://www.plastivida.org.br/2009/Default.aspx>>. Acesso em: 25 fev. 2014.

PONGSTABODEE, S.; KUNACHITPIMOL, N.; DAMRONGLERD, S. Combination of three-stage sink-float method and selective flotation technique for separation of mixed post-consumer plastic waste. *Waste Management*, v. 28, p. 475-483, 2008.

RUTKOWSKI, J. E.; VARELLA, C. V. S.; CAMPOS, L. S. A reciclagem de resíduos sólidos urbanos no Brasil: desafios e oportunidades para ampliação. *In: SEMINÁRIO NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS*, 11. 2014. Disponível em: <http://www.abes-df.org.br/upload/estudo/2014_10_01/v-011.pdf>. Acesso em: 27 out. 2014.

SANTOS, J. B. F.; MACIEL, R. H. M. O.; MATOS, T. G. R. Reconquista da identidade de trabalhador por ex-detentos catadores de lixo. *Caderno CRH*, v. 26, n. 68, p. 377-390, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-49792013000200011&script=sci_arttext&tlng=es>. Acesso: 12 abr. 2016.

SCHIKOWSKI, R. F.; SOUZA FILHO, J. B.; SACHET, M. A. C.; LOD, R. Carrinheiro/catador empreendedor: diferencial para recuperação e conservação das áreas de mananciais. *Sanare. Revista Técnica da Sanepar*, v. 19, n. 19, p. 59-73, 2003. Disponível em: <<http://www.sanepar.com.br/sanepar/sanare/v19/art05.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2014.

SEBRAEMG – SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO A MICRO E PEQUENAS EMPRESAS DE MINAS GERAIS. Disponível em: <<http://www.sebraemg.com.br/culturadacooperacao/associacoes/05.htm>>. Acesso em: 05 fev. 2014.

Secretaria de Meio Ambiente da Prefeitura do Rio de Janeiro. *Relatório EXECUTIVO: Diagnóstico Preliminar de Resíduos Sólidos da Cidade do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: SMAC, 2015. Disponível em: <<http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/3372233/4149705/RelatorioExecutivoDiagnosticoPreliminar.pdf>>. Acesso: 12 abr. 2016.

SILVA, C. L.; FUGII, G. M.; MARINI, M. J. Gestão da cadeia de reciclagem em rede: um estudo do projeto Ecocidadão no município de Curitiba. *DRd – Desenvolvimento Regional em debate*, v. 5, n. 1, p. 20-37, 2015. Disponível em: <www.periodicos.unc.br/index.php/drd/article/download/692/505>. Acesso em: 12 abr. 2016.

SILVA, E. M. T.; DONEL, F.; WOLLMANN, A. R.; CUELLAR, J. O Planejamento como instrumento de Implementação da coleta seletiva de resíduos Sólidos urbanos. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 23., – Ouro Preto, MG, Brasil, 21 a 24 de out de 2003. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2003_tr1004_1618.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2013.

SILVA, G. S. & MOTTA, F. G. A cadeia de reciclagem na cidade de São Paulo: a efetividade de sua operação e as possibilidades de geração de emprego e renda. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 27. 2007. São Paulo. *Anais...* São Paulo: ABREPO, 2007. Disponível em: <www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGET2007_TR650479_9823.pdf>. Acesso em: 06 set. 2014.

SHEN, H.; FORSSBERG, E.; PUGH, R. J. Selective flotation separation of plastics by particle control. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 33, p. 37-50, 2001.

TENÓRIO, F. A.; REIS, A. F.; SILVA, D. E.; LUFT, M. C. M. S. Redes de logística reversa: um estudo do canal reverso de reciclagem na indústria do plástico. *RACE, Unoesc*, v. 13, n. 1, p. 353-382, 2014. Disponível em: <http://editora.unoesc.edu.br/index.php/race/article/view/3552/pdf_16>. Acesso em: 26 mar. 2016.

UNGARETTI, A. R. *Perspectiva Socioambiental sobre a disposição de resíduos sólidos em arroios urbanos: um estudo na sub-bacia hidrográfica Mãe D'água no Município de Viamão – RS*. Dissertação (Planejamento Urbano e Social na Área de Infraestrutura e Planejamento Urbano e Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

Zanin, M. & MANCINI, S. D. *Resíduos plásticos e reciclagem: aspectos gerais e tecnologia*. São Carlos: EdUFSCAR, 2009.

Zanin, M.; SILVA, L. F. S.; AGNELLI, J. A. M.; CORREA, T. S. Prospecção tecnológica de negócios na cadeia produtiva da reciclagem de resíduos plásticos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 17., 2006. Foz do Iguaçu. *Anais eletrônicos...* Foz do Iguaçu: 17º CBECIMat.

AVALIAÇÃO DA PRESENÇA DE RESÍDUOS DE ANTI-INFLAMATÓRIOS NÃO ESTEROIDES NOS CÓRREGOS VEADO E CEDRO DO MUNICÍPIO DE PRESIDENTE PRUDENTE (SP), BRASIL

NON STEROID ANTI-INFLAMMATORY PHARMACEUTICS TRACE ASSESSMENT IN VEADO AND CEDRO RIVERS OF PRESIDENTE PRUDENTE (SP), BRAZIL

Ederson da Silva Stelato

Especialista em Microbiologia pela Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE). Agente Técnico de Assistência à Saúde, Biomédico do Núcleo de Ciências Químicas e Bromatológicas do Centro de Laboratório Regional do Instituto Adolfo Lutz – Presidente Prudente (SP), Brasil.

Tamiris Garbiatti de Oliveira

Mestre em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional na UNOESTE – Presidente Prudente (SP), Brasil.

Gabriele Marques Stunges

Mestre em Ciências e Tecnologia de Materiais na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) – Presidente Prudente (SP), Brasil.

Emilaine Cristina Pelegrineli da Silva

Graduada em Química pela UNOESTE – Presidente Prudente (SP), Brasil.

Renata Medici Frayne Cuba

Doutora em Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo (USP). Professora da Universidade Federal de Goiás (UFG) – Goiânia (GO), Brasil.

Alessandro Minillo

Doutor em Ciências da Engenharia Ambiental pela USP. Pesquisador visitante na Universidade Estadual Mato Grosso do Sul (UEMS) – Dourados (MS), Brasil.

William Deodato Isique

Doutor em Química Analítica pela Universidade USP. Bolsista de pós-doutoramento pela Faculdade de Engenharia da UNESP – Ilha Solteira (SP), Brasil.

Endereço para correspondência:

Rua Santos Dumont, 366 – Centro – 19360-000 – Santo Anastácio (SP), Brasil – E-mail: ed.stelato@gmail.com

RESUMO

Estudos realizados em diferentes países apontam a crescente ocorrência de compostos anti-inflamatórios não esteroides em águas naturais, principalmente em grandes centros urbanos cuja gestão ambiental dos resíduos e efluentes não acompanha de forma adequada o crescimento econômico e populacional. Isso, conseqüentemente, pode ocasionar ônus ambiental e de saúde pública devido à emissão de uma diversidade de compostos nocivos em seus corpos hídricos. Dessa forma, o presente trabalho avaliou a presença de naproxeno, paracetamol, diclofenaco e ibuprofeno ao longo dos córregos do Veado/Limoeiro e Cedro, em Presidente Prudente, São Paulo, tanto no período de chuvas quanto de estiagem. O diclofenaco e o ibuprofeno foram os compostos que apresentaram as maiores concentrações, 11 e 42 mg.L⁻¹, respectivamente, indicando a contaminação por esgoto doméstico. Os maiores níveis de concentração foram observados nos períodos chuvosos, provavelmente devido à formação geológica do município ou a mecanismos de desorção dos fármacos a partir dos sedimentos de rios.

Palavras-chave: fármacos; monitoramento de água; contaminantes ambientais.

ABSTRACT

Research studies accomplished in different countries have reported the growing fate of anti-inflammatory non-steroid drugs being discarded in natural waters, principally in big urban centers where the wastewater environmental management does not follow the economic development nor the growing of the population. This can create, consequently, environmental and health impacts due to the emission of harmful compound in the water bodies. Thus, this study assessed the presence of naproxen, paracetamol, diclofenac and ibuprofen in Veado/Limoeiro and Cedro Rivers in Presidente Prudente, São Paulo, Brazil, in rainy and dry seasons. Diclofenac and ibuprofen where the substances that showed the higher concentrations, 11 and 42 mg.L⁻¹, respectively, indicating sewage contamination. The higher levels of concentration occurred during the rainy season due to the geological formation of the region or to desorption mechanisms of pharmaceuticals from river sediments.

Keywords: pharmaceuticals; water monitoring; environmental pollutants.

INTRODUÇÃO

É inquestionável a importância dos fármacos na sociedade moderna, desde seu papel fundamental no combate às doenças até funções mais recentes como a de proporcionar o prolongamento da longevidade humana (UEDA *et al.*, 2009). Nesse sentido, tais substâncias são desenvolvidas para serem persistentes e resistentes o bastante a fim de evitar que se tornem inativas antes do efeito desejado alcançando, assim, o seu propósito terapêutico (ALMEIDA & WEBER 2005).

Dessa forma, após sua ingestão, cerca de 40 a 90% da dose administrada de medicamento é excretada na sua forma inalterada ou como um metabólito biologicamente ativo juntamente com urina e fezes no esgoto doméstico (ALVARENGA & NICOLETTI, 2010; VALCÁRCEL *et al.*, 2011, AMÉRICO *et al.*, 2013) que, posteriormente, é lançado, com ou sem tratamento adequado, nos recursos hídricos superficiais.

Em razão do contínuo aporte desses compostos para o ambiente, já é possível verificar aumento da ocorrência de resíduos farmacológicos ou de seus metabólitos em recursos hídricos em diferentes países, tais como Romênia (MOLDOVAN, 2006), Coréia do Sul (KIM *et al.*, 2009), Espanha (CAMACHO-MUNOZ *et al.*, 2010; VALCÁRCEL *et al.*, 2011; LOPÉZ-SERNA; PETROVIC; BARCELÓ, 2012) e França (VULLIET; CREN-OLIVÉ; GRENIER-LOUSTALOT, 2011).

No Brasil, também é relatada a ocorrência de fármacos em águas superficiais (ALMEIDA & WEBER, 2005; AMÉRICO *et al.*, 2009; MONTAGNER & JARDIM, 2011; MELO & BRITO, 2014; AMÉRICO *et al.*, 2015; CAMPANHA *et al.*, 2015; NUNES *et al.*, 2015; TORRES *et al.*, 2015), porém, a maioria dos estudos se concentram na determinação de compostos hormonais, como o 17α -etinilestradiol, o que pode implicar na falta de informação, tanto qualitativa quanto quantitativa com relação à classe dos anti-inflamatórios não esteroides (AINEs).

Os AINEs constituem um grupo heterogêneo de fármacos, na maioria ácidos orgânicos, amplamente utilizados como analgésicos, anti-inflamatórios e antipiréticos, cuja presença no ambiente é potencializada devido ao alto consumo desses medicamentos, às elevadas doses diárias administradas (100 a 4.000 mg.L⁻¹), ao alto percentual de excreção tanto do fármaco inalterado quanto de seus metabólitos (BECKER, 2012) e à

eliminação incompleta nas estações de tratamento de esgoto (ETEs) (VALCÁRCEL *et al.*, 2011).

Assim como as demais classes de medicamentos, os AINEs também têm sido detectados no ambiente aquático com concentrações na faixa de ng.L⁻¹ a µg.L⁻¹ e, apesar dessas baixas concentrações, estudos demonstram que tais compostos são biologicamente ativos (FENT; WESTON; CAMINADA, 2006) e interagem com a biota do meio, interferindo significativamente na fisiologia, no metabolismo e no comportamento das espécies (BELISÁRIO *et al.*, 2009),

A principal forma de atuação desses compostos é a inibição, de forma não seletiva, das enzimas ciclooxigenases (COX) 1 e 2, bloqueando a conversão do ácido araquidônico em prostaglandinas (SILVA & SILVA, 2012) que são responsáveis por diferentes funções fisiológicas, como por exemplo reprodução, transporte de água e regulação osmótica, nas quais atuam como hormônios locais (ROWLEY *et al.*, 2005).

A presença e o destino de compostos farmacêuticos e seus metabólitos no ambiente aquático representam uma questão preocupante em todo o mundo. A avaliação do risco ambiental e humano dos fármacos, bem como a sua distribuição e acumulação nos diferentes compartimentos ambientais, são pontos ainda poucos esclarecidos e que demandam contínuos esforços para sua compreensão (GINEBREDÁ *et al.*, 2010; DU *et al.*, 2014; SCHAIER *et al.*, 2014).

No entanto, devido à ampla variedade de compostos pertencentes à classe dos AINEs, realizar o monitoramento de todos pode ser uma tarefa economicamente inviável devido, principalmente, às baixas concentrações e às técnicas frequentemente utilizadas para sua detecção. Dessa forma, Sui *et al.* (2012), por meio dos parâmetros: quantidade de medicamento consumido, eficiência de remoção nas plantas de tratamento de esgoto e potenciais efeitos ecológicos, estabeleceram uma lista de fármacos prioritários a serem monitorados no ambiente aquático. Entre os medicamentos listados, o diclofenaco e o ibuprofeno foram classificados com alta prioridade de monitoramento; e o naproxeno com prioridade moderada devido, principalmente, aos efeitos ecológicos no meio.

Do ponto de vista de regulamentação ambiental da União Europeia, o diclofenaco também se encontra entre os compostos com alta prioridade de monitoramento, juntamente com dois hormônios estrogênicos, 17 α -etinilestradiol e 17 β -estradiol (VIENO & SIL-LANPÄÄ, 2014).

Haap, Triebkorn e Köhler (2008) verificaram efeitos tóxicos, agudos e crônicos do diclofenaco em culturas de *Daphnia magna* em intervalo de concentração de 1 a 80 mg.L⁻¹, sendo a intensidade do efeito dependente da espécie testada, do tempo de exposição e do efeito analisado.

Entre os efeitos apresentados na literatura tem-se alterações ultraestruturais no fígado de trutas arco-iris (TRIEBSKORN *et al.* 2007), alterações na capacidade de regulação osmótica em caranguejos *Carcinus maenas* para concentrações no intervalo de 10 a 100 ng.L⁻¹ (EADES & WARING, 2010) e aumento da peroxidação lipídica em mexilhões zebra (*Dreissena polymorpha*) expostos a concentrações de 1 μ g.L⁻¹ (QUINN *et al.*, 2011). Feito, Valcárcel e Catalá (2012) verificaram a diminuição da peroxidação lipídica em embriões de peixes zebra (*Danio rerio*) quando expostos por 90 minutos a concentrações de 0,03 μ g.L⁻¹.

Com relação ao ibuprofeno, Gravel e Vijayan (2007) verificaram, em trutas, a inibição de proteínas responsáveis por respostas de defesas em situações de estresse com concentrações semelhantes àquelas presentes no ambiente aquático (1 μ g.L⁻¹). Parolini, Binelli e Provini (2011) não verificaram efeitos significativos na fragmentação do DNA em hemócitos de mexilhões zebra (*Dreissena polymorpha*) expostos por 96 horas a concentrações inferiores a 2 μ g.L⁻¹, porém, para concentrações entre 2 e 8 μ g.L⁻¹ foram constatados danos

celulares e genéticos. Moluscos da espécie *Ruditapes philippinarum* apresentaram diminuição no sistema imunológico, assim como incapacidade de lidar com o estresse oxidativo quando expostos por períodos de 1 a 7 dias e concentrações de 0,1 e 1000,0 μ g.L⁻¹ de ibuprofeno (MILAN *et al.*, 2013).

Além do diclofenaco e do ibuprofeno, na literatura também são citados outros dois fármacos comumente presentes em águas superficiais, sendo eles o paracetamol (SANTOS *et al.*, 2013; VULLIET; CREN-OLIVÉ; GRENIER-LOUSTALOT, 2011; LUQUE-ESPINAR *et al.*, 2015) e o naproxeno (SILVA *et al.*, 2011; SHANMUGAM *et al.*, 2014; HUANG *et al.*, 2011; CARMONA; ANDREU; PICÓ, 2014).

Ambos os fármacos também apresentaram efeitos tóxicos descritos na literatura, como alterações genéticas (PAROLINI *et al.*, 2009) e estresse oxidativo (ANTUNES *et al.*, 2013; LUCERO *et al.*, 2015).

Dessa forma, levando-se em consideração que a presença de AINEs em ambiente aquático pode ocasionar riscos ao ecossistema e também à saúde humana, algo pouco documentado no Brasil, o objetivo deste trabalho foi identificar a presença de resíduos de diclofenaco, ibuprofeno, naproxeno e paracetamol ao longo do percurso dos córregos do Veado/Limoeiro e Cedro do município de Presidente Prudente, São Paulo, e verificar a influência da pluviosidade sobre a concentração dos resíduos identificados, a fim de que os resultados obtidos forneçam informações científicas que possam ser utilizadas como ferramentas para orientar a tomada de decisões sobre a avaliação e o gerenciamento de riscos pelas instâncias pertinentes.

MATERIAL E MÉTODOS

Local de estudo

Os córregos do Veado/Limoeiro e Cedro são corpos hídricos superficiais que atravessam o município de Presidente Prudente, São Paulo, cidade localizada na região do oeste paulista, cujo clima é do tipo tropical continental sub-úmido do centro-oeste do Brasil. Caracterizado por um verão quente e chuvoso entre os meses de outubro e março e um inverno ameno e seco entre os meses de abril e setembro, apresenta uma variabilidade sazonal acentuada (AMORIM; SANT'ANNA NETO; DUBREUIL, 2009).

O clima da região é marcado pelas estações de primavera e verão com temperaturas médias diárias que oscilam entre 20 e 32°C, com máxima próxima aos 40°C. Nessa época, a precipitação é de 1.300 mm, ou seja, cerca de 75% da precipitação anual. Já durante o outono e o inverno, as temperaturas caem ligeiramente, oscilando entre 15 e 20°C, mas podem chegar a 0°C com valores absolutos (AMORIM; SANT'ANNA NETO; DUBREUIL, 2009).

Córregos do Veado e Limoeiro

O Córrego do Veado faz parte da Bacia Hidrográfica do Alto Limoeiro, que se encontra inserida na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Pontal do Paranapanema (UGRHI-22). Esse córrego atravessa tanto áreas urbanas do município de Presidente Prudente, com parte de seu percurso canalizada, assim como áreas consideradas rurais.

O córrego é um dos afluentes do Córrego do Limoeiro, receptor de efluentes da ETE do município (TAKENAKA *et al.*, 2013). Além disso, o Córrego do Limoeiro constitui o Balneário da

Córrego do Cedro

O Córrego do Cedro, conforme Arroio Junior, Araújo e Souza (2009), é uma sub-bacia localizada na área sul de Presidente Prudente, área que desde o século XX sofre intenso processo de urbanização devido à expansão imobiliária.

A principal importância do Córrego do Cedro para o município encontra-se no fato de desaguar em uma represa responsável por 30% do abastecimento de água do município (ARROIO JUNIOR, ARAÚJO; SOUZA, 2009). Em seu percurso natural são identificadas ações

Pontos de amostragem

Para o estudo no Córrego do Veado/Limoeiro, foram selecionados nove pontos, sendo sete na área urbana (pontos 1 ao 7) e dois na área rural (pontos 8 e 9). Na Figura 1 são apresentados os pontos georreferenciados. A área em destaque apresenta a junção entre o Córrego do Veado e Limoeiro.

Amostragem

Foram realizadas três coletas, sendo a primeira e a segunda no ano de 2010, no final de junho/início de julho e dezembro, respectivamente, e a terceira em fevereiro de 2011. O período de amostragem foi determinado com o intuito de verificar a influência da pluviosidade na presença dos fármacos.

Análise de fármacos

Pré-tratamento das amostras

No laboratório, as amostras foram pré-filtradas em filtros de papel (Watman) para remoção de partícu-

Amizade, uma área que, ultimamente, sofre um intenso processo de urbanização com alto índice de atividade antropogênica como a criação de animais e pastagem (BOAVENTURA; OLIVEIRA, GARCIA, 2010).

Segundo Soares e Leal (2012), o reservatório do balneário possui vazão média de 143 L.s⁻¹, portanto, sem grande relevância para o município no abastecimento público de água, sendo usado somente de forma estratégica, por curtos períodos, em situações raras para o suporte operacional ao abastecimento de água do município.

que promovem a sua degradação, como impermeabilização do solo (decorrente do processo acelerado de urbanização), avanço dos processos erosivos, ausência de vegetação nativa e, principalmente, a contaminação e o assoreamento (DIBIESO, 2007). Outro fator de impacto relevante é a entrada de águas pluviais provenientes de galerias, como também, indícios de vazamento nas redes coletoras de efluentes domésticos (ARROIO JUNIOR, ARAÚJO; SOUZA, 2009).

No Córrego do Cedro foram selecionados sete pontos, sendo que o último (ponto 7) foi na represa utilizada pela concessionária de água para abastecimento público. Na Figura 2 são apresentados os pontos de amostragem no Córrego do Cedro.

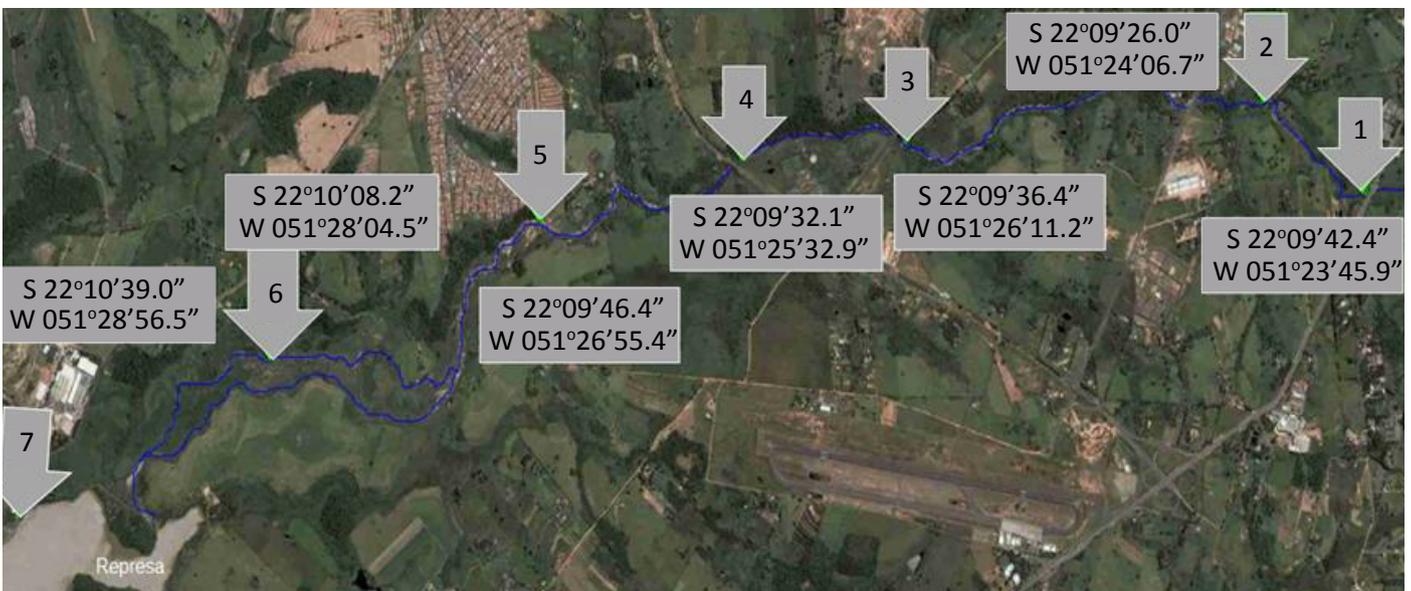
Em cada ponto de amostragem foram coletados 2,0 L de água superficial, que foram armazenados em frascos âmbar previamente lavados e enxaguados com água deionizada e secados à temperatura ambiente. As amostras foram acidificadas com ácido sulfúrico PA (pH≈3,0) e mantidas sob refrigeração à temperatura de 4°C até o momento da análise.

las maiores e, posteriormente, com filtros de fibra de vidro (0,45 µm) com auxílio de bomba a vácuo.



FONTE: GOOGLE EARTH (2010).

Figura 1 - Demarcação dos pontos de coleta do Córrego Veado/Limoeiro.



FONTE: GOOGLE EARTH (2010).

Figura 2 - Demarcação dos pontos de coleta do Córrego do Cedro.

A extração em fase sólida foi realizada segundo a metodologia proposta por Nebot, Gibbs e Boyd (2007),

com adaptações, conforme descritas nas etapas I e II, a seguir.

Etapa I: Pré-ativação dos cartuchos para extração em fase sólida

Inicialmente, os cartuchos C18 (Accu-Bond II ODS-C18 de 500 mg) foram pré-ativados passando 5 mL de

metanol (MeOH) 100%, grau HPLC, seguido de 5 mL de metanol 50% e, por último, 5 mL de água Milli-Q

(pH≈3,0 ajustado com ácido sulfúrico PA). Após a pré-ativação dos cartuchos, as amostras foram eluídas, utilizando sistema *manifold* e bomba a vácuo com ve-

Etapa II: Eluição do fármaco a ser analisado

A eluição dos fármacos adsorvidos no cartucho C18 foi efetuada com 2,5 mL de acetona (PA) seguido de 5,0 mL de MeOH 100%, grau HPLC. Os eluatos foram recolhidos em tubos de vidro, previamente higienizados e esterilizados (autoclavados à pressão de 1 atmosfera, 120°C por 20 mi-

Determinações cromatográficas

As determinações cromatográficas seguiram o método apresentado por Américo *et al.* (2012), que se encontra detalhado a seguir.

Em cada amostra foram analisadas as concentrações dos seguintes fármacos: paracetamol, ibuprofeno, diclofenaco e naproxeno. O equipamento utilizado foi um cromatógrafo líquido de alta eficiência (Shimadzu) munido de duas bombas LC-20AT e LC-20AD; CBM-20A (Prominence Communications Bus Module), com injetor Rheodyne (Rohnert Park, CA, USA) equipado com válvula do tipo loop de 20 µL. Detector SPD-M20A (Prominence Diode Array Detector) e empregando software LC solution. As análises foram efetuadas em uma coluna cromatográfica LC Column Shim-Pack C18 (250 x 4,6 mm ID, partículas de 5,0 µm). As fases móveis constituíram-se de MeOH 100% (fase A) e água Mili-Q (fase B), ambas acrescidas de 0,1% de ácido trifluoroacético (TFA).

O volume de injeção das amostras foi de 25,0 µL, sendo as amostras analisadas em triplicata. Os comprimentos

localidade de fluxo de 3,0 mL.min⁻¹. Ao término dessa eluição, os cartuchos foram mantidos em repouso por 30 minutos antes da eluição dos fármacos.

nutos) para, em seguida, serem evaporados em estufa entre temperaturas de 55 e 60°C. Esse material foi conservado sob refrigeração à temperatura de 4°C até o momento das análises cromatográficas, quando o material foi ressuscitado em 500 µL de MeOH 100% (grau HPLC).

de onda utilizados para a detecção dos picos cromatográficos foram de 240, 260 e 280 nm. A identificação de cada fármaco foi efetuada de acordo com os seus respectivos tempos de retenção e também através de cada perfil espectrofotométrico.

Foram utilizados padrões de fármacos com grau de pureza de 98 a 99%, marca Sigma-Aldrich, para identificação e construção da curva analítica de acordo com INMETRO (2010). Os limites de detecção (LD) e os limites de quantificação (LQ) (µg.mL⁻¹) (Tabela 1) foram obtidos por meio de planilha de validação proposta por Ribeiro *et al.* (2008).

Os procedimentos de preparação da amostra e extração em fase sólida dos fármacos foram realizados no Laboratório de Análises de Água da Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE) e as análises cromatográficas foram realizadas no Laboratório de Saneamento da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira da Universidade Estadual Paulista "Júlio Mesquita Filho" (UNESP), Campus de Ilha Solteira, sob supervisão técnica de pesquisadores do referido laboratório.

Dados pluviométricos

Os dados pluviométricos do período desta pesquisa foram obtidos por meio da Estação Meteorológica da UNESP de Presidente Prudente.

Tabela 1 - Limites de quantificação e detecção dos fármacos encontrados nos córregos do Veado e Cedro de Presidente Prudente, São Paulo.

Fármaco	Limite de quantificação (µg.mL ⁻¹)	Limite de detecção (µg.mL ⁻¹)
Naproxeno	0,12	0,07
Paracetamol	0,21	0,13
Diclofenaco	0,19	0,12
Ibuprofeno	0,40	0,25

Análise de resultados

Levando-se em consideração que esses compostos não se encontram incluídos na legislação vigente e, portanto, não há regulamentação com relação a sua presença tanto em águas superficiais quanto em águas para

consumo humano, os resultados do presente trabalho foram comparados com informações sobre a ocorrência desses mesmos compostos em outros trabalhos apresentados na literatura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Identificação de resíduos de fármacos nos córregos do Veado/Limoeiro e Cedro

No Córrego do Veado/Limoeiro foi possível identificar a presença de fármacos em quatro dos nove pontos analisados: 3, 5, 8 e 9. No ponto 3, identificou-se ibuprofeno, diclofenaco e naproxeno; e no ponto 5, somente o diclofenaco. A presença desses fármacos, possivelmente, pode ocorrer devido ao lançamento clandestino de esgotos, visto que os pontos se encontram em área urbana e, em ambos, durante a coleta da amostra, foi possível verificar visualmente que a água se encontrava turva, com presença de espuma e mau odor.

Já nos pontos de amostragem 8 e 9, foi possível identificar os quatro fármacos estudados e, nesse caso, acredita-se que os mesmos sejam advindos do Córrego do Limoeiro, considerando que ambos os pontos de amostragem se encontravam a jusante da confluência entre os córregos do Veado e Limoeiro e que nos pontos 6 e 7 (a montante confluência) não foi possível detectar a presença desses compostos.

A presença desses fármacos no Córrego do Limoeiro poderia ser explicada se levadas em consideração as falhas (ou ausência) do planejamento urbano na cidade de Presidente Prudente, conforme salientado por Santos e Barbosa (2013). Segundo esses autores, a área de abrangência desse córrego se caracteriza por loteamentos destinados à população de médio a baixo poder aquisitivo, ocupações inadequadas, inclusive em áreas com presença de nascentes e surgências d'água, que acarretam problemas como inundações, presença de lixo e esgoto a céu aberto.

Martin *et al.* (2012) analisaram o afluente de quatro estações de tratamento de esgoto e verificaram que os anti-inflamatórios foram os compostos com as maiores concentrações médias, sendo eles: diclofenaco ($0,72 \mu\text{g.L}^{-1}$), ibuprofeno ($30,77 \mu\text{g.L}^{-1}$, porém com um máximo de $50,6 \mu\text{g.L}^{-1}$) e naproxeno ($3,46 \mu\text{g.L}^{-1}$). Verlicchi, Al Aukidy e Zambello (2012), ao compila-

rem dados de 78 trabalhos, constataram, em esgoto doméstico, concentrações de anti-inflamatórios não esteroides na faixa de $0,0016$ a $373,0000 \mu\text{g.L}^{-1}$. O ibuprofeno teve a maior concentração absoluta registrada ($373 \mu\text{g.L}^{-1}$), seguido por paracetamol ($246 \mu\text{g.L}^{-1}$), tramadol ($86 \mu\text{g.L}^{-1}$) e naproxeno ($53 \mu\text{g.L}^{-1}$). Ainda, com relação às concentrações médias, o paracetamol e o ibuprofeno apresentaram os maiores valores (38 e $37 \mu\text{g.L}^{-1}$, respectivamente).

Com relação à presença da ETE, localizada entre os pontos 8 e 9 (a jusante e a montante, respectivamente, conforme Figura 1), pode-se inferir que a ETE também contribui para a presença de fármacos no ambiente, visto que no ponto a jusante da ETE foram detectadas concentrações de paracetamol, naproxeno, diclofenaco e ibuprofeno maiores do que as concentrações desses fármacos no ponto a montante (Figura 3), indicando o aporte desses compostos a partir do efluente tratado.

É reconhecido na literatura que os compostos farmacológicos não são totalmente removidos durante o processo de tratamento de esgoto e, como resultado, são lançados nos corpos receptores (MARTÍN *et al.*, 2011; PŁUCIENNIK-KOROPCZUK, 2014). A eficiência de tratamento depende do composto (PŁUCIENNIK-KOROPCZUK, 2014), do nível, do sistema e das condições de tratamento (VERLICCHI; AL AUKIDY; ZAMBELLO, 2012).

No caso de estações que apresentam tratamentos primário e secundário, como a ETE de Presidente Prudente, as eficiências tendem a ser menores quando comparadas com aquelas obtidas em sistemas de tratamento terciário, isso porque, normalmente, em sistemas convencionais, os principais mecanismos de remoção de fármacos são a biodegradação e a adsorção no lodo (MARTIN *et al.*, 2012), processos que não são específicos para remoção de compostos farmacológicos (CAMACHO-MUÑOZ

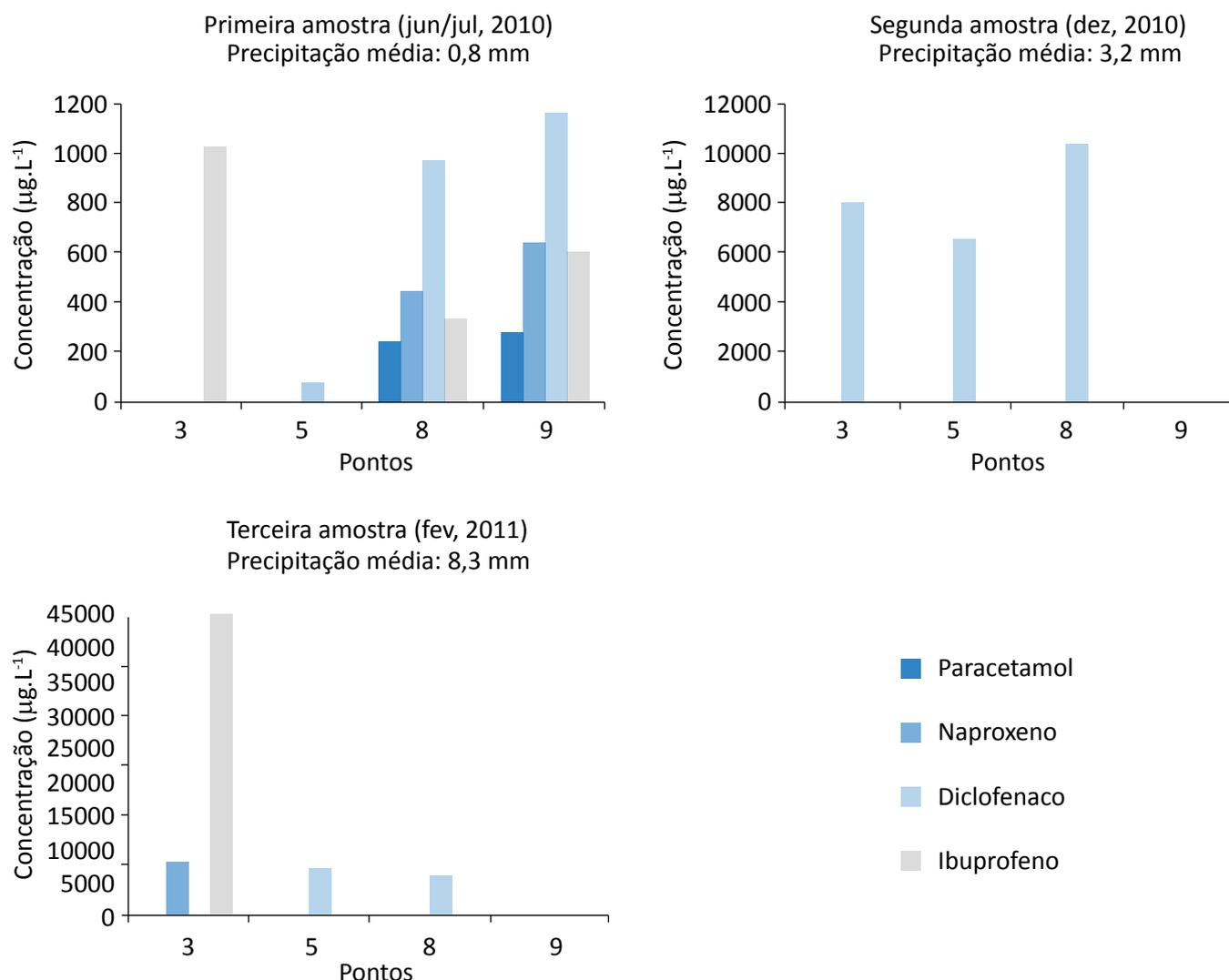


Figura 3 - Comportamento dos teores dos resíduos de fármacos identificados no Córrego do Veado/Limoeiro nos distintos períodos de coleta.

et al., 2012; AQUINO; BRANDT; CHERNICHARO, 2013; PŁUCIENNIK-KOROPCZUK, 2014).

Brandt *et al.* (2013) analisaram a remoção do diclofenato em diferentes sistemas de tratamento de esgoto e concluíram que em sistemas anaeróbios as baixas remoções podem ter sido devido à não adsorção do composto no lodo biológico, dada a condição de pH no meio, assim como a baixa biodegradabilidade. Essa situação persistiu mesmo nas etapas de pós-tratamento.

Para um sistema de lodo ativado, semelhante ao da ETE Presidente Prudente, foram observadas eficiências médias de remoção do ibuprofeno e naproxeno da

ordem de 78 ± 16 e $76 \pm 20\%$, respectivamente (CAMACHO-MUÑOZ *et al.*, 2012). Verlicchi, Al Aukidy e Zambello (2012), por meio de resultados apresentados na literatura, verificaram baixas eficiências de remoção, menores do que 10%, incluindo eficiência negativa em sistemas de lodo ativado para diclofenaco e ibuprofeno, que foram explicadas levando-se em consideração o mecanismo de desorção desses compostos a partir do lodo (ZORITA; MARTENSSON; MATHIASSEN, 2009).

No Córrego do Cedro, dos 7 pontos de amostragem analisados, em 3 (pontos 1, 5 e 7) foram detectados resíduos de fármacos (paracetamol, diclofenaco e ibu-

profeno), sendo que somente o ponto 5 se encontra em área urbana.

Com relação ao ponto 1, esse se situa fora do trecho urbano, porém, nos fundos de uma construção antiga utilizada como hospital psiquiátrico que, devido à localização e à idade da construção, deve apresentar, como as demais propriedades nas redondezas, sistema de tratamento de esgotos baseado em fossas sépticas, que por serem um sistema simplificado de tratamento, não apresentam eficiência de remoção desses compostos, contribuindo para sua presença na água (YANG; TOOR; WILLIAMS, 2015). Yang *et al.* (2016) detectaram 14 diferentes fármacos em efluentes de tanque séptico, entre eles o paracetamol e o ibuprofeno, esse último o mais abundante, com concentração de 7.370 ng.L^{-1} . Conn *et al.* (2010) detectaram concentrações de ibuprofeno e naproxeno em efluentes de fossas sépticas residenciais com concentrações de até $0,1 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$.

No ponto 5, acredita-se que a presença dos fármacos se deva ao fato do trecho do córrego estar em área urbana, localizado em um bairro populoso e de baixa renda da cidade e, assim como os fármacos encontrados nos demais pontos de amostragem do Córrego do Veado, o fator de inadequada gestão e planejamento no que concerne ao uso de solo pode ter grande influência na presença desses compostos nos corpos d'água.

Comportamento sazonal da concentração de fármacos nos córregos do Veado/Limoeiro e Cedro

Nas Figuras 3 e 4 são apresentados os gráficos que ilustram a variação da concentração dos resíduos de fármacos detectados em diferentes condições de pluviosidade.

Os teores de fármacos encontrados nos diferentes pontos de amostragem dos córregos monitorados apresentaram diferença durante os períodos de estiagem e chuva. Durante o período chuvoso, os pontos próximos às áreas urbanas, pontos 3 e 5 do Córrego do Veado/Limoeiro e, principalmente, 5 e 7 do Córrego do Cedro, apresentaram aumento na concentração de fármacos como o diclofenaco e o ibuprofeno. Esses resultados obtidos não estão de acordo com os estudos semelhantes realizados por Luque-Espinar *et al.* (2015) e Pereira *et al.* (2015), cujas espécies químicas analisadas concentraram-se mais no período de estiagem devido à não diluição natural das águas.

A localização do ponto 7 sugere que a presença de fármacos seja advinda, principalmente, de dejetos humanos, assim como de despejos de esgotos domésticos, pois, de acordo com Cardoso e Novaes (2013), trata-se de um córrego cuja área de influência apresenta indícios de vazamentos na rede de coleta de esgoto, além de apresentar processos erosivos que caracterizam a entrada de materiais de origem antrópica no meio aquático.

Com relação aos tipos de fármacos detectados tanto no Córrego do Cedro, quanto no do Veado/Limoeiro, verificou-se que os resíduos detectados com maior frequência foram para o diclofenaco e o ibuprofeno. Esses resultados concordam com estudos de Almeida e Weber (2005), os quais analisaram vários grupos de fármacos na represa Billings (região metropolitana de São Paulo) e dentre os fármacos detectados estavam o diclofenaco ($8,1$ a $394,5 \text{ ng.L}^{-1}$) e ibuprofeno ($10,0$ a $78,2 \text{ ng.L}^{-1}$). Outro estudo, realizado por Stumpf *et al.* (1999), também demonstrou a presença desses anti-inflamatórios em concentrações de $0,02$ a $0,04 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$ em rios do estado do Rio de Janeiro. Américo *et al.* (2009) também encontrou, nas águas do Córrego da Onça, Mato Grosso do Sul, os mesmos anti-inflamatórios, com teores detectados de diclofenaco entre $0,105$ e $8,250 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$, ibuprofeno entre $0,467$ e $33,860 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$ e paracetamol entre $0,322$ e $2,403 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$.

No caso específico de Presidente Prudente, uma provável explicação poderia estar associada ao arraste de resíduos sólidos provenientes das áreas urbanas durante períodos de alagamento, visto que a geomorfologia de Presidente Prudente é propícia a alagamentos, conforme mapeamento realizado por Teodoro e Nunes (2011). Essa hipótese baseia-se em resultados obtidos por Ueda *et al.* (2009), que demonstram que de um espaço amostral de 141 indivíduos, 88,6% descartavam seus resíduos farmacológicos no lixo doméstico e 9,2% no esgoto.

Também cabe ressaltar que os compostos estudados se caracterizam por apresentarem diferentes capacidades de adsorção, o que pode auxiliar na sua maior ou menor ocorrência tanto em efluentes de ETES como, também, em corpos d'água, devido à adsorção em sedimentos. Vieno e Sillanpää (2014) salientam que a capacidade de adsorção depende de fatores ambientais, como temperatura, força iônica, pH,

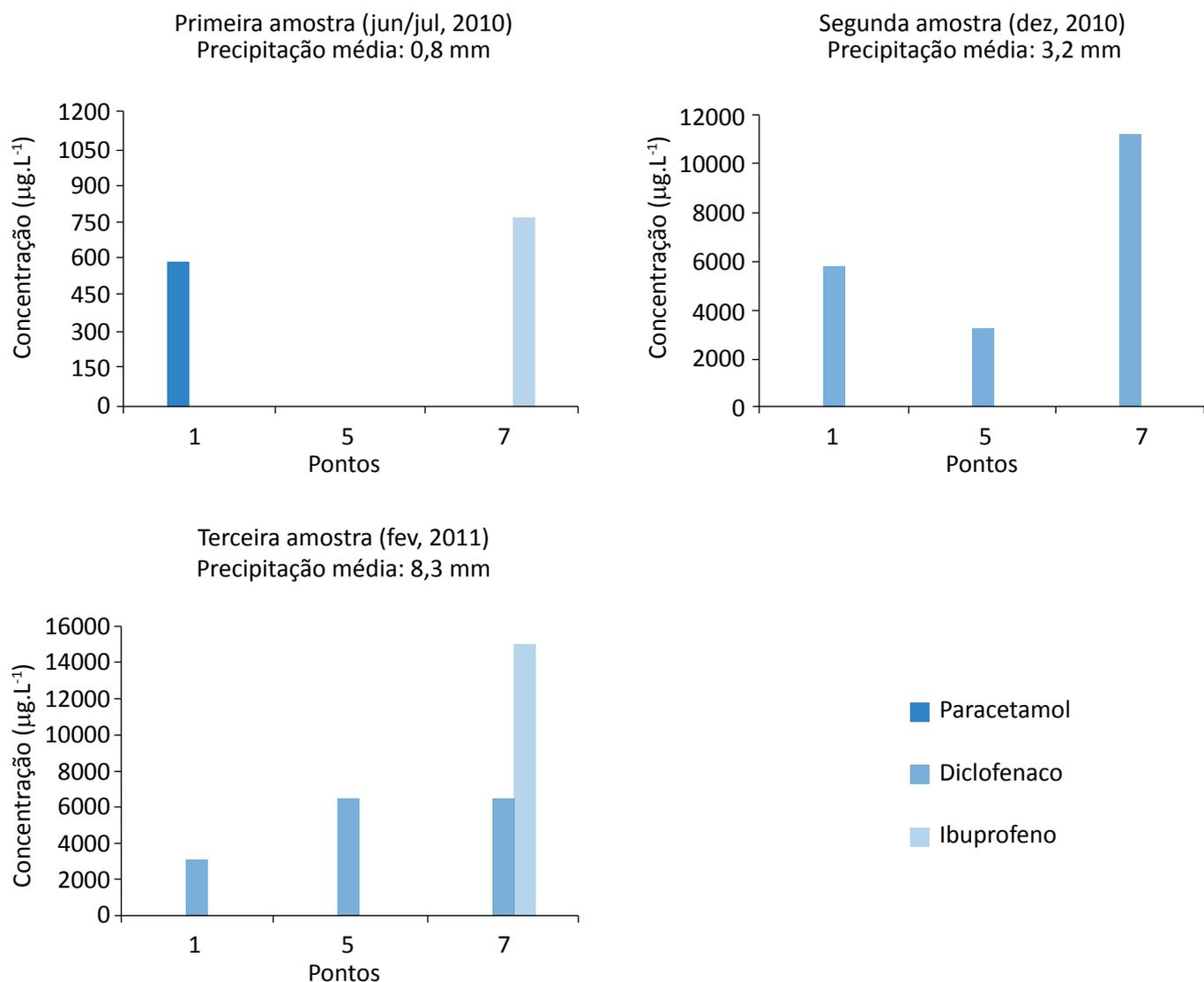


Figura 4 - Comportamento dos teores dos resíduos de fármacos identificados no Córrego do Cedro nos distintos períodos de coleta.

entre outros. Dessa forma, a maior ocorrência de fármacos no período chuvoso pode estar associada a mudanças em características ambientais que podem ter contribuído para dessorção dos compostos

Paracetamol

De acordo com Raimundo (2007), o paracetamol tem sido encontrado em diversos países, em afluentes de ETEs e, em menor concentração, em águas superficiais. No estudo feito por Vulliet, Cren-Olivé e Grenier-Loustalot (2011), foram encontradas concentrações de 1,2 a 1,9 ng.L⁻¹ para paracetamol em águas

destacados, conforme estabelecido por Verlicchi, Al Aukidy e Zambello (2012), que reportaram eficiências negativas na remoção de diclofenaco e ibuprofeno em ETEs.

superficiais que abastecem as estações de tratamento de água (ETAs) na França e entre 0,8 e 0,7 ng.L⁻¹ nos efluentes destinados ao consumo humano. No Brasil, foi encontrada a presença desse fármaco em amostras de águas do Ribeirão Anhumas, na região metropolitana de Campinas, São Paulo, no

período da estiagem em concentrações de 0,28 a 13,44 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (RAIMUNDO, 2007).

A biodegradabilidade do paracetamol é de 57% (HENSCHEL *et al.*, 1997), porém, no presente trabalho, no Córrego do Veado/Limoeiro, verifica-se no ponto a montante da ETE a concentração de 228 $\mu\text{g.L}^{-1}$, e no ponto seguinte, a jusante da ETE, uma maior concentração desse fármaco (262 $\mu\text{g.L}^{-1}$), indicando contri-

Naproxeno

A concentração média de naproxeno, incluindo as três amostragens, foi de 2,89 $\mu\text{g.L}^{-1}$, sendo superiores às encontradas em outros estudos realizados. Kosjeka, Heath e Krbavcic (2005) detectaram concentrações desse fármaco em 11 rios da Eslovênia com teores entre 17 e 80 ng.L^{-1} . Stumpf *et al.* (1999) constataram a presença de naproxeno na faixa entre 0,01 e 0,05 $\mu\text{g.L}^{-1}$

Diclofenaco

A presença de diclofenaco em águas superficiais é relatada na literatura de forma frequente, com concentrações da ordem de ng.L^{-1} a $\mu\text{g.L}^{-1}$. Alguns exemplos são: Espanha, com 3462,000 ng.L^{-1} (MARTIN *et al.*, 2012), 2,000 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (VALCÁRCEL *et al.*, 2011) e 3,462 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (CARMONA; ANDREU; PICÓ, 2014); e Japão, com 9,800 ng.L^{-1} (KOMORI *et al.*, 2013). Essas concentrações estão abaixo das detectadas neste estudo, sendo no Córrego do Veado/Limoeiro na faixa de 62,000 a 10.300,000 $\mu\text{g.L}^{-1}$

Ibuprofeno

O ibuprofeno é um dos fármacos mais presentes em amostras de água, afluentes e efluentes de ETEs, em diferentes concentrações. No presente estudo foram encontradas concentrações relativamente altas (14 e 42 mg.L^{-1}) quando comparadas às de outros estudos, nos quais foi detectado ibuprofeno na ordem de $\mu\text{g.L}^{-1}$, (CAMACHO-MUÑOZ *et al.*, 2010; LUQUE-ESPINAR *et al.*, 2015; ESLAMI *et al.*, 2015) e até ng.L^{-1} (CARMO-

buição da ETE na presença dessa substância. Os estudos realizados por Américo *et al.* (2009), por sua vez, apresentaram um menor teor de paracetamol no esgoto bruto em relação aos demais fármacos; e esse não foi detectado no efluente tratado. Os autores sugerem que os processos de adsorção, biodegradação ou fotodegradação podem ter favorecido a eliminação do composto no esgoto tratado.

no Rio Paraíba do Sul, Rio de Janeiro. Marchese *et al.* (2003) verificaram, em águas superficiais da Itália, concentrações entre 12 e 22 ng.L^{-1} . Outras concentrações foram: 7,189 ng.L^{-1} (CARMONA; ANDREU; PICÓ, 2014), 50,000 ng.L^{-1} (KASPRZYK-HORDERN; DINSDALE; GUWY, 2008) e 0,200 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (MARTIN *et al.*, 2012), sendo essa última em rios que recebem efluentes de ETEs.

(0,062 a 10,300 mg.L^{-1}) e 2.800,000 a 10.900,000 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (2,800 a 10,900 mg.L^{-1}) no Córrego do Cedro. No entanto, em estudo realizado por Américo *et al.* (2009), o diclofenaco foi detectado em todos os pontos de amostragem monitorados no Córrego da Onça, Mato Grosso do Sul, com concentrações de 0,105 a 8,250 mg.L^{-1} , sendo os maiores valores a jusante do lançamento de uma ETE, o que corrobora a hipótese da contribuição de esgotos domésticos nas áreas estudadas.

NA; ANDREU; PICÓ, 2014; SIMAZAKI *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2011; HUANG *et al.*, 2011). A diferença nos valores pode estar associada à contribuição de esgoto a montante do ponto de amostragem, conforme observado por Américo *et al.* (2009), que encontrou concentração de ibuprofeno no ponto de amostragem localizado a jusante da ETE de Três Lagoas, Mato Grosso do Sul, da ordem de 33,86 mg.L^{-1}

CONCLUSÃO

O presente trabalho apresenta resultados quantitativos relativos ao monitoramento de quatro dos principais compostos da classe dos AINEs (diclofenaco, ibuprofeno, naproxeno e paracetamol) nos córregos do Cedro e Veado/Limoeiro em duas épocas

distintas do ano, caracterizadas pelos períodos de estiagem e seca.

Os resultados permitem concluir que dos nove pontos amostrados do Córrego do Veado/Limoeiro, quatro

apresentaram a ocorrência de fármacos, porém, somente nos pontos após a confluência com o Córrego do Limoeiro foi possível detectar todos os compostos estudados. Nesse sentido, infere-se que o aporte de paracetamol, naproxeno e diclofenaco seja proveniente do Córrego do Limoeiro. Nos pontos 3 e 5 (antes da confluência com o Córrego do Limoeiro), a presença de ibuprofeno e diclofenaco pode estar relacionada ao descarte inadequado de esgoto doméstico.

No Córrego do Cedro, dos sete pontos monitorados, apenas três apresentaram fármacos, sendo eles: paracetamol e diclofenaco no ponto 1, diclofenaco no ponto 5 e diclofenaco e ibuprofeno no ponto 7. A principal hipótese levantada para a presença desses compostos no meio também foi o descarte inadequado de esgoto doméstico.

Com relação à influência da pluviosidade na concentração dos fármacos, foi possível verificar que tanto o diclofenaco quanto o ibuprofeno apresentaram maiores concentrações no período de chuvas. Esse comporta-

mento pode estar associado à possível dessorção desses fármacos a partir de sedimentos do córrego devido ao escoamento superficial advindo da zona urbana.

O ibuprofeno foi o composto com as maiores concentrações detectadas, tanto no Córrego do Cedro quanto no do Veado/Limoeiro, com valores de 14 e 42 mg.L⁻¹, respectivamente, devido, provavelmente, ao lançamento de efluentes domésticos no meio, sendo esse o motivo, de forma geral, da ocorrência de fármacos no meio.

Os dados obtidos no presente estudo contribuem com informações sobre as concentrações desses compostos, sua distribuição e a localização das fontes de maior contribuição, de forma a possibilitar uma linha de base importante para futuras e mais abrangentes investigações, principalmente na manutenção do meio ambiente e na promoção da saúde pública, visto que o presente estudo não avaliou o efeito desses contaminantes na biocenose do local.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, G. A. & WEBER, R. R. Fármacos na represa Billings. *Revista Saúde e Ambiente*, v. 6, n. 2, p. 7-13, 2005.
- ALVARENGA, L. S. V. & NICOLETTI, M. A. Descarte doméstico de medicamentos e algumas considerações sobre o impacto ambiental decorrente. *Revista Saúde*, v. 4, n. 3, p. 34-39, 2010.
- AMÉRICO, J. H. P.; CARVALHO, A. G. B. M.; CARVALHO, S. L.; LOLLO, J. A.; MINILLO, A. Avaliação da presença e diversidade de compostos farmacológicos no Córrego do Onça, Três Lagoas/MS. In: XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. *Anais...* Recife, 2009.
- AMÉRICO, J. H. P.; ISIQUE, W. D.; MINILLO, A.; CARVALHO, S. L.; TORRES, N. H. Fármacos em uma estação de tratamento de esgoto na região Centro-Oeste do Brasil e os riscos aos recursos hídricos. *RBRH (Online)*, v. 17, n. 3, p. 61-67, 2012.
- AMÉRICO, J. H. P.; TORRES, N. H.; AMÉRICO, G. H. P.; CARVALHO, S. L. Ocorrência, destino e potenciais impactos dos fármacos no ambiente. *SaBios-Revista de Saúde e Biologia*, v. 8, n. 2, p. 59-72, 2013.
- AMÉRICO, J. H. P.; ISIQUE, W. D.; JAVIER, D. P. O.; ANDRÉS, I. S. O.; HORTENSE, N. T.; FERRIRA, L. F. R.; MANOEL, L. O.; CARVALHO, S. L. Monitoreo del anti-inflamatorio piroxicam y del anti-hipertensivo atenolol en un arroyo urbano en Três Lagoas, Brasil. *Interciencia*, v. 40, n. 10, p. 670-676, 2015.
- AMORIM, M. C. C. T.; SANT'ANNA NETO, J. L.; DUBREUIL, V. Estrutura térmica identificada por transectos móveis e canal termal do Landsat7 em cidade tropical. *Revista de Geografia Norte Grande*, v. 43, p. 65-80, 2009.
- ANTUNES, S. C.; FREITAS, R.; FIGUEIRA, E.; GONÇALVES, F.; NUNES, B. Biochemical effects of acetaminophen in aquatic species: edible clams *Venerupis decussata* and *Venerupis philippinarum*. *Environmental Science and Pollution Research International*, v. 20, N. 9, p. 6658-6666, 2013.

- AQUINO, S. F.; BRANDT, E. M. F.; CHERNICHARO, C. A. L. Remoção de fármacos e desreguladores endócrinos em estações de tratamento de esgoto: revisão da literatura. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 18, n. 3, p. 187-204, 2013.
- ARROIO JUNIOR, P. P.; ARAÚJO, R. R.; SOUZA, A. Variações espaciais e temporais de características limnológicas no Córrego do Cedro – Presidente Prudente/SP. In: VI CONGRESSO DE MEIO AMBIENTE DA AUGM. São Carlos, 2009. Disponível em: <http://www.ambiente-augm.ufscar.br/uploads/A2-115.pdf>. Acesso em: 13 out. 2009.
- BECKER, R. W. *Determinação de anti-inflamatórios em efluente urbano na região de Porto Alegre-RS por SPE, derivatização e GC-MS*. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.
- BELISÁRIO, M.; BORGES, P. S.; GALAZZI, R. M.; DEL PIERO, P. B.; ZORZAL, P. B.; RIBEIRO, A. V. F. N.; RIBEIRO, J. N. O emprego de resíduos naturais no tratamento de efluentes contaminados com fármacos poluentes. *Inter Science Place*, v. 2, n. 10, 2009.
- BOAVENTURA, D. T. C.; OLIVEIRA, A. G. C.; GARCIA, R. M. Diagnóstico ambiental nas áreas de cabeceiras de drenagem da Bacia Hidrográfica do Balneário da Amizade – Álvares Machado e Presidente Prudente – SP. In: XVI ENCONTRO NACIONAL DOS GEÓGRAFOS, 16, 2010. *Anais...* Porto Alegre, 2010. Disponível em: <http://www.agb.org.br/evento/download.php?idTrabalho=3750>. Acesso em: 03 nov. 2012.
- BRANDT, E. M. F.; QUEIROZ, F. B.; AFONSO, R. J. C. F.; AQUINO, S. A.; CHERNICHARO, C. A. L. Behaviour of pharmaceuticals and endocrine disrupting chemicals in simplified sewage treatment systems. *Journal of Environmental Management*, v. 128, p. 718-726, 2013.
- CAMACHO-MUNOZ, M. D.; SANTOS, J. L.; APARICIO, I.; ALONSO, E. Presence of pharmaceutically active compounds in Donana Park (Spain) main watersheds. *Journal of Hazardous Materials*, v. 177, n. 1-3, p. 1159-1162, 2010.
- CAMACHO-MUÑOZ, D.; MARTÍN, J.; SANTOS, J. L.; APARICIO, I.; ALONSO, E. Effectiveness of conventional and low-cost wastewater treatments in the removal of pharmaceutically active compounds. *Water, Air and Soil Pollution*, v. 223, n. 5, p. 2611-2621, 2012.
- CAMPANHA, M.B.; AWAN, A. T.; DE SOUZA, D. N.; GROSSELI, G. M.; MOZETO, A. A.; FADINI, P. S. A 3-year study on occurrence of emerging contaminants in an urban stream of São Paulo State of Southeast Brazil. *Environmental Science and Pollution Research International*, v. 22 n. 10, p. 7936-7947, 2015.
- CARDOSO, R. S. & NOVAES, C. P. Variáveis limnológicas e macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade da água. *Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades*, v. 1, n. 5, 2013.
- CARMONA, E.; ANDREU, V.; PICÓ, Y. Occurrence of acidic pharmaceuticals and personal care products in Turia River Basin: from waste to drinking water. *The Science of the Total Environment*, v. 484, p. 53-63, 2014.
- CONN, K. E.; LOWE, K. S.; DREWES, J. E.; HOPPE-JONES, C.; TUCHOLKE, M. B. Occurrence of pharmaceuticals and consumer product chemicals in raw wastewater and septic tank effluent from single-family homes. *Environmental Engineering Science*, v. 27, n. 4, p. 347-356, 2010.
- DIBIESO, E. P. *Planejamento ambiental da bacia hidrográfica do córrego do Cedro – Presidente Prudente/SP*. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Presidente Prudente, 2007.
- DU, B.; PRICE, A. E.; SCOTT, W. C.; KRISTOFKO, L. A.; RAMIREZ, A. J.; CHAMBLISS, C. K.; YELDERMAN, J. C.; BROOKS, B. W. Comparison of contaminants of emerging concern removal, discharge, and water quality hazards among centralized and on-site wastewater treatment system effluents receiving common wastewater influent. *Science of the Total Environment*, v. 466-467, p. 976-984, 2014.
- EADES, C. & WARING, C. P. The effects of diclofenac on the physiology of the green shore crab *Carcinus maenas*. *Marine Environmental Research*, v. 69, p. S46-S48, 2010.

- ESLAMI, A.; AMINI, M. M.; YAZDANBAKHSH, A. R.; RASTKARI, N.; MOHSENI-BANDPEI, A.; NASSERI, S.; PIROTI, E.; ASADI, A. Occurrence of non-steroidal anti-inflammatory drugs in Tehran source water, municipal and hospital wastewaters, and their ecotoxicological risk assessment. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 187, n. 12, p. 734, 2015.
- FEITO, R.; VALCÁRCEL, Y.; CATALÁ, M. Biomarker assessment of toxicity with miniaturised bioassays: declofenac as a case study. *Ecotoxicology*, v. 21, n. 1, p. 289-296, 2012.
- FENT, K.; WESTON, A. A.; CAMINADA, D. Ecotoxicology of human pharmaceuticals. *Aquatic Toxicology*, v. 76, n. 2, p. 122-159, 2006.
- GINEBREDÀ, A.; MUÑOZ, I.; DE ALDA, M. L. BRIX, R.; LÓPEZ-DOVAL, J.; BARCELÓ, D. Environmental risk assessment of pharmaceutical in rivers: relationships between hazard indexes and aquatic invertebrate diversity indexes in the Llobregat River (NE Spain). *Environment Internacional*, v. 36, n. 2, p. 153-162, 2010.
- GRAVEL, A. & VIJAYAN, M. M. Non-steroidal anti-inflammatory drugs disrupt the heat shock response in rainbow trout. *Aquatic Toxicology*, v. 81, n. 2, p. 197-206, 2007.
- HAAP, T.; TRIEBSKORN, R.; KÖHLER, H. R. Acute effects of diclofenac and DMSO to *Daphnia magna*: immobilisation and hsp70-induction. *Chemosphere*, v. 73, n. 3, p. 353-359, 2008.
- HENSCHEL, K.P.; WENZEL, A.; DIEDRICH, M.; FLIEDNER, A. Environmental hazard assessment of pharmaceuticals. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, v. 25, n. 3, p. 220-225, 1997.
- HUANG, Q.; YU, Y.; TANG, C.; ZHANG, K.; CUI, J.; PENG, X. Occurrence and behavior of non-steroidal anti-inflammatory drugs and lipid regulators in wastewater and urban river water of the Pearl River Delta, South China. *Journal of Environmental Monitoring*, v. 13, n. 4, p. 855-863, 2011.
- INMETRO – INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. *Orientações sobre validação de métodos analíticos*. DOQ-CGCRE-008. Rio de Janeiro: INMETRO, 2010.
- KASPRZYK-HORDERN, B.; DINSDALE, R. M. ; GUWY, A. J. Multiresidue methods for the analysis of pharmaceuticals, personal care products and illicit drugs in surface water and wastewater by solid-phase extraction and ultra performance liquid chromatography-electrospray tandem mass spectrometry. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, v. 391, n. 4, p. 1293-1308, 2008.
- KIM, J. W.; JANG, H. S.; KIM, J. G.; ISHIBASHI, H.; HIRANO, M.; NASU, K.; ICHIKAWA, N.; TAKAO, Y.; SHINOHARA, R.; ARIZONO, K. Occurrence of pharmaceutical and personal care products (PPCPs) in surface water from Mankyung River, South Korea. *Journal of Health Science*, v. 55, n. 2, p. 249-258, 2009.
- KOMORI, K.; SUZUKI, Y.; MINAMIYAMA, M.; HARADA, A. Occurrence of selected pharmaceuticals in river water in Japan and assessment of their environmental risk. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 185, n. 6, p. 4529-4536, 2013.
- KOSJEK, T.; HEATH, E.; KRBAVCIC, A. Determination of non-steroidal anti-inflammatory drug (NSAIDs) residues in water samples. *Environment Internacional*, v. 31, n. 5, p. 679-685, 2005.
- LÓPEZ-SERNA, R.; PETROVIC, M.; BARCELÓ, D. Occurrence and distribution of multi-class pharmaceuticals and their active metabolites and transformation products in the Ebro river basin (NE Spain). *Science of the Total Environment*, v. 440, p. 280-289, 2012.
- LUCERO, G. M. A.; GALAR-MARTÍNEZ, M.; GARCÍA-MEDINA, S.; GÓMEZ-OLIVÁN, L. M.; RAZO-ESTRADA, C. Naproxen-enriched artificial sediment induces oxidative stress and genotoxicity in *Hyalella azteca*. *Water, Air and Soil Pollution*, v. 226, n. 6, p. 195, 2015.

- LUQUE-ESPINAR, J. A.; NAVAS, N.; CHICA-OLMO, M.; CANTARERO-MALAGÓN, S.; CHICA-RIVAS, L. Seasonal occurrence and distribution of a group of ECs in the water resources of Granada city metropolitan areas (South of Spain): pollution of raw drinking water. *Journal of Hydrology*, v. 531, n. 3, p. 612-625, 2015.
- MARCHESE, S.; PERRET, D.; GENTILI, A.; CURINI, R.; PASORI, F. Determination of non-steroidal anti-inflammatory drugs in surface water and wastewater by liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Chromatographia*, v. 58, n. 5/6, p. 263-269, 2003.
- MARTÍN, J.; CAMACHO-MUÑOZ, D.; SANTOS, J. L.; APARICIO, I.; ALONSO, E. Monitoring of pharmaceutically active compounds in Guadalquivir River basin (Spain): occurrence and risk assessment. *Journal of Environmental Monitoring*, v. 13, n. 7 p. 2042-2049, 2011.
- MARTIN, J.; CAMACHO-MUÑOZ, D.; SANTOS, J. L.; APARICIO, I.; ALONSO, E. Occurrence of pharmaceutical compounds in wastewater and sludge from wastewater treatment plants: removal and ecotoxicological impact of wastewater discharges and sludge disposal. *Journal of Hazardous Materials*, v. 239-240, p. 40-47, 2012.
- MELO, S. M. & BRITO, N. M. Analysis and occurrence of endocrine disruptors in Brazilian water by HPLC-fluorescence detection. *Water, Air and Soil Pollution*, v. 225, n. 1, p. 1783, 2014.
- MILAN, M.; PAULETTO, M.; PATARNELLO, T.; BARGELLONI, L.; MARIN, M. G.; MATOZZO, V. Gene transcription and biomarker responses in the clam *Ruditapes philippinarum* after exposure to ibuprofen. *Aquatic Toxicology*, v. 126, p. 17-29, 2013.
- MOLDOVAN, Z. Occurrences of pharmaceutical and personal care products as micropollutants in rivers from Romania. *Chemosphere*, v. 64, n. 11, p. 1808-1817, 2006.
- MONTAGNER, C. C. & JARDIM, W. F. Spatial and seasonal variations of pharmaceuticals and endocrine disruptors in the Atibaia River, Sao Paulo State (Brazil). *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 22, n. 8, p. 1452-1462, 2011.
- NEBOT, C.; GIBB, S. W; BOYD, K. G. Quantification of human pharmaceuticals in water samples by high performance liquid chromatography–tandem mass spectrometry. *Analytica Chimica Acta*, v. 598, n. 1, p. 87-94, 2007.
- NUNES, C. N.; PAULUK, L. E.; DOS ANJOS, V. E.; LOPES, M. C.; QUIMÁIA, S. P. New approach to the determination of contaminants of emerging concern in natural water: study of alprazolam employing adsorptive cathodic stripping voltammetry. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, v. 407, n. 20, p. 6171-6179, 2015.
- PAROLINI, M.; BINELLI, A.; COGNI, D.; RIVA, C.; PROVINI, A. An in vitro biomarker approach for the evaluation of the ecotoxicity of non-steroidal anti-inflammatory drugs (NSAIDs). *Toxicology in Vitro*, v. 23, n. 5, p. 935-942, 2009.
- PAROLINI, M.; BINELLI, A.; PROVINI, A. Chronic effects induced by ibuprofen on the freshwater bivalve *Dreissena polymorpha*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 74, n. 6, p. 1586-1594, 2011.
- PEREIRA, A. M. P. T.; SILVA, L. J. G.; MEISEL, L. M.; LINO, C. M.; PENA, A. Environmental impact of pharmaceuticals from Portuguese wastewaters: geographical and seasonal occurrence, removal and risk assessment. *Environmental Research*, v. 136, p. 108-119, 2015.
- PŁUCIENNIK-KOROPCZUK, E. Non-steroid anti-inflammatory drugs in municipal wastewater and surface waters. *Civil and Environmental Engineering Reports*, v. 14, n. 1, p. 63-74, 2014.
- QUINN, B.; SCHMIDT, W.; O'ROURKE, K.; HERNAN. R. Effects of the pharmaceuticals gemfibrozil and diclofenac on biomarker expression in the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) and their comparison with standardized toxicity tests. *Chemosphere*, v. 84, n. 5, p. 657-663, 2011.

- RAIMUNDO, C. C. M. *Ocorrência de interferentes endócrinos e produtos farmacêuticos nas águas superficiais da bacia do rio Atibaia*. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.
- RIBEIRO, F. A. L.; FERREIRA, M. M. C.; MORANO, S. C.; SILVA, L. R.; SCHNEIDER, R. P. Planilha de validação: uma nova ferramenta para estimar figuras de mérito na validação de métodos analíticos univariados. *Química Nova*, v. 31, n. 1, p. 164-171, 2008.
- ROWLEY, A. F.; VOGAN, C. L.; TAYLOR, G. W.; CLARE, A. S. Prostaglandins in non insectan invertebrates: recent insights and unsolved problems. *The Journal of Experimental Biology*, v. 208, n. 1, p. 3-14, 2005.
- SANTOS, F. R. & BARBOSA, H. P. Um estudo comparativo de dois córregos urbanos em Presidente Prudente (SP): Colônia Mineira e Limoeiro. *Geografia em Atos (Online)*, v. 13, n. 2, p. 69-89, 2013.
- SANTOS, L. H.; PAÍGA, P.; ARAÚJO, A. N.; PENA, A.; DELURE-MATOS, C.; MONTENEGRO, M. C. Development of a simple analytical method for the simultaneous determination of paracetamol, paracetamol-glucuronide and p-aminophenol in river water. *Journal of Chromatography*, v. 930, p. 75-81, 2013.
- SCHAIDER, L. A.; RUDEL, R. A.; ACKERMAN, J. M.; DUNAGAN, S. C.; BRODY, J. C. Pharmaceuticals, perfluorosurfactants, and other organic wastewater compound in public drinking water wells in a shallow sand and gravel aquifer. *The Science of the Total Environment*, v. 468-469, p. 384-393, 2014.
- SHANMUGAM, G.; SAMPATH, S.; SELVARAJ, K K.; LARSSON, D. G.; RAMASWAMY, B. R. Non-steroidal anti-inflammatory drugs in Indian rivers. *Environmental Science and Pollution Research International*, v. 21, N. 2, p. 921-931, 2014.
- SILVA A. F. & SILVA, D. A. Fármacos anti-inflamatórios não esteroidais mais dispensados em uma farmácia comercial do município de Itaocara, estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Acta Biomedica Brasiliensia*, v. 3, n. 2, p. 1-14, 2012.
- SILVA, B. F.; JELIC, A.; LÓPEZ-SERNA, R.; MOZETO, A. A.; PETROVIC, M.; BARCELÓ, D. Occurrence and distribution of pharmaceuticals in surface water, suspended solids and sediments of the Ebro river basin, Spain. *Chemosphere*, v. 85, n. 8, p. 1331-1339, 2011.
- SIMAZAKI, D.; KUBOTA, R.; SUZUKI, T.; AKIBA, M.; NISHIMIURA, T.; KUNIKANE, S. Occurrence of selected pharmaceuticals at drinking water purification plants in Japan and implications for human health. *Water Research*, v. 76, p. 187-200, 2015.
- SOARES, F. B. & LEAL, A. C. Planejamento ambiental da bacia do balneário da Amizade nos municípios de Álvares Machado e Presidente Prudente – São Paulo. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, v. 7, n. 2, 2012. Disponível em: <http://amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/view/105/107> Acesso em: 19 nov. 2014.
- STUMPF, M.; TERNES, T. A.; WILKEN, R. D.; RODRIGUES, S. V.; BAUMANN, W. Polar drug residues in sewage and natural waters in the state of Rio de Janeiro, Brazil. *Science of the Total Environmental*, v. 225, n. 1-2, p. 135-141, 1999.
- SUI, Q.; WANG, B.; ZHAO, W.; HUANG, J.; YU, G.; DENG, S.; QIU, Z.; LU, S. Identification of priority pharmaceuticals in the water environment of China. *Chemosphere*, v. 89, n. 3, p. 280-286, 2012.
- TAKENAKA, E. M. M.; ARANA, A. R. A.; ALBANO, M. P.; SILVA, B. A. P.; ROCHA, R. S. D. O gerenciamento de águas residuais industriais e recursos hídricos: o caso de um frigorífico no município de Presidente Prudente - SP. In: IV WORKSHOP INTERNACIONAL SOBRE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS, 4, Presidente Prudente, 2013. *Anais... Presidente Prudente*, 2013. p. 1580-1589. Disponível em: <http://bacias.fct.unesp.br/4workshopbacias/download/workshop2013_revisado.pdf>. Acesso em: 09 ago. 2016.

TEODORO, P. H. M. & NUNES, J. O. R. Os alagamentos em Presidente Prudente - SP: um trabalho interdisciplinar embasado no mapeamento geomorfológico. *Revista Formação*, v. 17, n. 2, p. 81-102, 2011. Disponível em: <<http://revista.fct.unesp.br/index.php/formacao/article/viewFile/456/490>> Acesso em: 10 dez. 2014.

TORRES, N. H.; AGUIAR, M. M.; FERREIRA, L. F.; AMÉRICO, J. H.; MACHADO, A. M.; CAVALCANTI, E. B.; TORNISIELO, V. L. Detection of hormones in surface and drinking water in Brazil by LC-ESI-MS/MS and ecotoxicological assessment with *Daphnia magna*. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 187 n. 6 p. 379, 2015.

TRIEBSKORN, R.; CASPER, H.; SCHEIL, V.; SCHWAIGER, J. Ultrastructural effects of pharmaceuticals (carbamazepine, clofibric acid, metoprolol, diclofenac) in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and common carp (*Cyprinus carpio*). *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, v. 387, n. 4, p. 1405-1416, 2007.

UEDA, J.; TAVERNARO, R.; MAROSTEGA, V.; PAVAN, W. Impacto ambiental do descarte de fármacos e estudo da conscientização da população a respeito do problema. *Revista Ciências do Ambiente On-Line*, v. 5, n. 1, p. 1-6, 2009.

VALCÁRCCEL, Y.; GONZÁLEZ ALONSO, S.; RODRÍGUEZ-GIL, J. L.; GIL, A.; CATALÁ, M. Detection of pharmaceutically active compounds in the rivers and tap water of the Madrid Region (Spain) and potential ecotoxicological risk. *Chemosphere*, v. 84, n. 10, p. 1336-1348, 2011.

VERLICCHI, P.; AL AUKIDY, M.; ZAMBELLO, E. Occurrence of pharmaceutical compounds in urban wastewater: removal, mass load and environmental risk after a secondary treatment — a review. *Science of the Total Environment*, v. 429, p. 123-155, 2012.

VIENO, N. & SILLANPÄÄ, M. Fate of diclofenac in municipal wastewater treatment plant: a review. *Environment International*, v. 69, p. 28-39, 2014.

VULLIET, E.; CREN-OLIVÉ, C.; GRENIER-LOUSTALOT, M. F. Occurrence of pharmaceuticals and hormones in drinking water treated from surface waters. *Environmental Chemistry Letters*, v. 9, n. 1, p. 103-114, 2011.

YANG, Y. Y.; TOOR, G. S.; WILLIAMS, C. F. Pharmaceuticals and organochlorine pesticides in sediments of an urban river in Florida, USA. *Journal of Soils and Sediments*, v. 15, n. 4, p. 993-1004, 2015.

YANG, Y. Y.; TOOR, G. S.; WILSON, P. C.; WILLIAMS, C. F. Septic systems as hot-spots of pollutants in the environment: fate and mass balance of micropollutants in septic drainfields. *Science of the Total Environment*, 2016. Article in press.

ZORITA, S.; MARTENSSON, L.; MATHIASSEN, L. Occurrence and removal of pharmaceuticals in municipal sewage treatment system in the south of Sweden. *Science of the Total Environment*, v. 407, n. 8, p. 2760-2770, 2009.

REGENERAÇÃO E SUSTENTABILIDADE DAS ESPÉCIES EXTRATIVISTAS UTILIZADAS EM TRÊS ASSENTAMENTOS DA REGIÃO SUDOESTE MATO-GROSSENSE

REGENERATION AND SUSTAINABILITY OF EXTRACTIVE SPECIES USED IN THREE SETTLEMENTS IN THE SOUTHWEST REGION OF MATO GROSSO

Maurício Ferreira Mendes

Mestre em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola pela Universidade do Estado do Mato Grosso (UNEMAT) – Cáceres (MT), Brasil

Sandra Mara Alves da Silva Neves

Docente do Programa de Pós-graduação em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola da UNEMAT – Cáceres (MT), Brasil.

Solange Kimie Ikeda Castrillon

Docente do curso de Biologia da UNEMAT – Cáceres (MT), Brasil.

Sildnéia Aparecida de Almeida Silva

Bióloga pela UNEMAT – Cáceres (MT), Brasil.

Jesus Aparecido Pedroga

Técnico em Laboratório da UNEMAT – Cáceres (MT), Brasil.

Endereço para correspondência:

Maurício Ferreira Mendes – Avenida Santos Dumont, s/n, Cidade Universitária – Santos Dumont – 78200-000 – Cáceres (MT), Brasil – E-mail: mauricio.f3@hotmail.com

RESUMO

Este estudo teve como objetivo investigar a regeneração das espécies do Cerrado *sensu stricto* utilizadas no extrativismo em áreas dos assentamentos: Margarida Alves, Corixo e Bom Jardim/Furna São José, região Sudoeste Mato-grossense. A análise se baseou em coletas de dados florísticos e fitossociológicos em 30 parcelas, medindo 20 x 50 m, realizadas no período de fevereiro a julho de 2012, tendo como critérios de inclusão a circunferência à altura do peito (CAP) ≥ 15 cm e altura ≥ 3 m. No Assentamento Margarida Alves, o babaçu (*Attalea speciosa*) foi a espécie com maior valor de importância (IVI), 92,00%, no Assentamento Corixo, foi o pequi (*Caryocar brasiliense*), IVI=40,65%, e no Bom Jardim/Furna São José, o cumbaru (*Dipteryx alata*) foi a segunda espécie com maior IVI (26,24%). Os valores de R² para a relação de indivíduos sobre circunferência e altura resultaram em valores baixos para as espécies citadas, assim, não foi demonstrado o padrão de J-invertido na maioria dos gráficos de histogramas, indicando baixa regeneração, podendo no futuro comprometer a atividade extrativista dos assentamentos.

Palavras-chave: conservação; diversidade; extrativismo; Cerrado.

ABSTRACT

This study aimed to investigate the regeneration of species *stricto sensu* of the Cerrado used in extractivism in areas of settlements: Margarida Alves, Corixo and Bom Jardim/Furna São José, in the Southwest region of Mato Grosso, Brazil. The analysis was based on floristic and phytosociological data collection in 30 installments, measuring 20 x 50 m, in the period from February to July 2012. The inclusion criteria was the circumference at breast height ≥ 15 cm and height ≥ 3 m. At the Margarida Alves settlement, the babaçu (*Attalea speciosa*) was the species with higher importance value index (IVI), 92.00%, in Corixo settlement, it was the pequi (*Caryocar brasiliense*), with IVI=40.65%; and in Bom Jardim/Furna São José, the cumbaru (*Dipteryx alata*) was the second species with higher IVI (26.24%). The R² values for the relationship of the individuals on the circumference and height resulted in low values for the species mentioned, so it has not been demonstrated the J-inverted standard in most histograms graphs indicating poor regeneration, which can, in the future, compromise the extractive activity in the settlements.

Keywords: conservation; diversity; extractivism; Cerrado.

INTRODUÇÃO

O Cerrado é o centro de uma grande variedade de espécies vegetais, animais e outros seres vivos, além da enorme riqueza de diferentes populações humanas (CARVALHO, 2005). Apesar da elevada biodiversidade existente, é geralmente menosprezada (KLINK & MACHADO, 2005).

Devido às elevadas concentrações de alumínio nos solos dos remanescentes desse bioma, é aplicado fertilizante e calcário para fins agrícolas voltados especialmente à cultura de soja e às pastagens plantadas (KLINK & MACHADO, 2005). Nos dias atuais, nessa fisionomia savânica restam apenas fragmentos sob diferentes níveis de perturbação (FELFILI; CARVALHO; AIDAR, 2005).

A maioria dos estudos realizados em Mato Grosso sobre o aproveitamento do Cerrado tem como foco o componente herbáceo, buscando o manejo sustentável dos ambientes de pastagens, pois constitui o de maior importância para o setor econômico (SANTOS; CRISPIM; COMASTRI FILHO, 2005), não dando ênfase ao componente arbóreo, que também é extremamente importante para a dinâmica do ambiente. Situação que remete à reflexão sobre a sustentabilidade, que segundo Sachs (2009) engloba vários aspectos e/ou dimensões, como a social (distribuição de renda justa e igualdade no acesso a serviços sociais e recursos naturais), a ambiental (respeito à capacidade de renovação dos aspectos naturais e conservação da biodiversidade) e a territorial (configurações urbanas e rurais balanceadas e melhorias do ambiente urbano e rural), que na maioria das vezes são postas em segundo plano em relação ao aspecto econômico.

O extrativismo é um objeto de estudo complexo, requer a construção ao longo de gerações, com acúmulos de saberes. A extração de produtos da floresta faz parte do sistema de produção de muitos agricultores familiares de diversos biomas. Assim, o extrativismo deve ser compreendido não apenas em um momento, mas sim englobando toda a unidade de produção ao longo do tempo. No entanto, o extrativismo, sob a ótica da abordagem sistêmica, como os sistemas de produções, ainda é constatado como insuficiente e descontínuo (SILVA & MIGUEL, 2014).

O potencial econômico do extrativismo no Cerrado ainda é pouco explorado e conhecido pelos órgãos públi-

cos estadual e municipais de Mato Grosso e pela sociedade local. Com isso, são necessárias políticas públicas mais adequadas para o desenvolvimento dessa prática, com ênfase no que o potencial de uso sustentável da biodiversidade tem para contribuir no incremento da renda dos pequenos produtores, propiciando a dinamização das economias locais e a conservação dos recursos naturais, explorando-a racionalmente (CARVALHO, 2005). Vale destacar que a partir de 2008 houve avanços, com a criação, pelo Governo Federal, do Plano Nacional de Promoção das Cadeias de Produtos da Sociobiodiversidade (PNPCPS), contemplando diferentes espécies vegetais dos biomas brasileiros. Esse plano tem como objetivo articular políticas públicas voltadas à promoção do desenvolvimento sustentável, geração de renda e justiça social, que podem favorecer o desenvolvimento de ações no âmbito dos assentamentos de reforma agrária (BRASIL, 2008).

Dentre as políticas articuladas no plano, destaca-se a Política de Garantia de Preços Mínimos para os Produtos da Sociobiodiversidade (PGPM-Bio), que garante preço mínimo e valorização dos diversos produtos da flora brasileira: *Attalea speciosa* (babaçu), *Caryocar brasiliense* (pequi) e *Dipteryx alata* (cumbaru), entre outros. Além dessa política, a atividade extrativista gerada nos assentamentos Margarida Alves, Corixo e Bom Jardim/Furna São José pode valer-se das políticas públicas destinadas à agricultura familiar, como o Programa Nacional da Agricultura Familiar (PRONAF), o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) e o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) (MENDES *et al.*, 2015).

Neste estudo partiu-se do princípio que a regeneração das espécies utilizadas no extrativismo é baixa, devido aos desmantamentos e à predominância da pecuária leiteira, verificados nos três assentamentos investigados, implicando na sustentabilidade da atividade extrativista. Pois, segundo Chazdon (2012):

O banco de sementes do solo fica seriamente depauperado de espécies de árvores e arbustos após vários anos de uso da terra para pecuária e/ou queima realizada para o estabelecimento e manutenção de pastagens ou lavouras. (p. 202)

Em diversas regiões do Brasil, como Mato Grosso, Maranhão, Minas Gerais e Goiás, a exploração dos produ-

tos das espécies de *Attalea speciosa* (babaçu), *Caryocar brasiliense* (pequi) e *Dipteryx alata* (cumbaru) ocorrem no período da entressafra das principais culturas regionais, contribuindo para a manutenção das famílias e exercendo uma função fundamental na conservação da fertilidade do solo (ROCHA et al., 2008; SANTOS; RODRIGUES; SILVA, 2012; CARNEIRO et al., 2014).

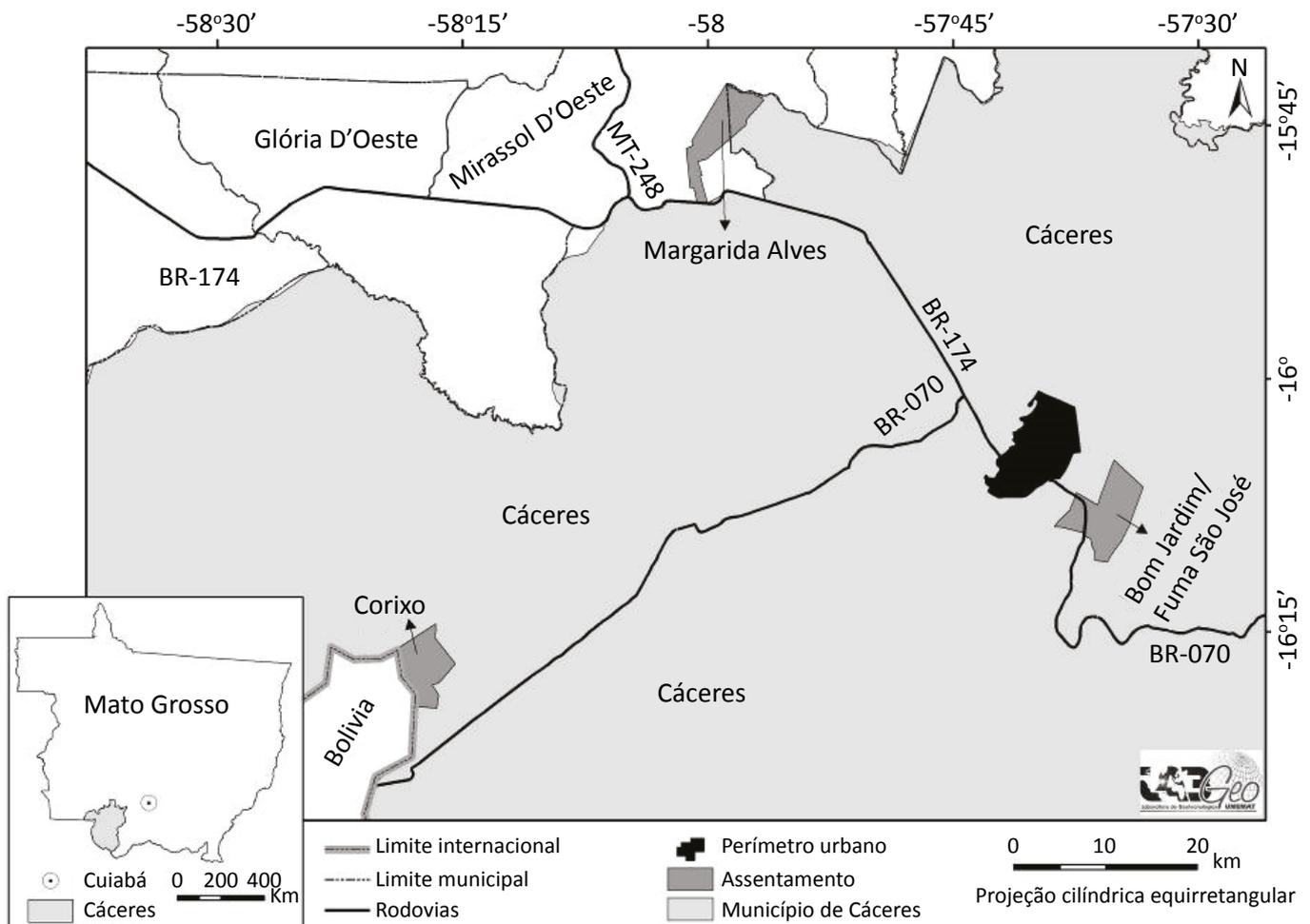
Para que o planejamento e a utilização dos recursos naturais sejam eficazes de forma sustentável, é necessário o conhecimento prévio das características quali-

tativas e quantitativas desses recursos (GUERRA, 1980). Nessa perspectiva, visando à geração de subsídios que contribuam para a sustentabilidade da produção agroextrativista, este estudo objetivou investigar a regeneração de três espécies (*Attalea speciosa*, *Caryocar brasiliense* e *Dipteryx alata*) utilizadas no extrativismo por agricultores familiares, em áreas do Cerrado *sensu stricto*, presentes nos assentamentos rurais Margarida Alves, Corixo e Bom Jardim/Furna São José, região Sudoeste Mato-grossense.

MATERIAL E MÉTODOS

As áreas de estudo estão situadas nos assentamentos onde é desenvolvida a atividade de extrativismo: Margarida Alves, localizado nos municípios de

Mirassol D'Oeste e Cáceres; Corixo e o Bom Jardim/Furna São José, ambos situados no município de Cáceres (Figura 1).



Fonte: LABGEO (2012).

Figura 1 – Localização dos assentamentos rurais investigados: Margarida Alves, Corixo e Bom Jardim/Furna São José.

Os dois municípios citados integram a região Sudoeste Mato-grossense de planejamento (MATO GROSSO, 2010), no qual as áreas em estudo se encontram inseridas na Bacia do Alto Paraguai. O assentamento Margarida Alves, criado em 1996, é composto por 145 propriedades de 25 hectares cada. O uso dominante da terra é voltado para a pastagem que sustenta a atividade leiteira e o extrativismo de babaçu (*Attalea speciosa* Mart. ex Spreng.). O assentamento Corixo, criado em 2002, é composto por 72 famílias de agricultores familiares, e as principais atividades econômicas são a pecuária leiteira e as culturas anuais, além do extrativismo de pequi (*Caryocar brasiliense* A. St.-Hil.). O assentamento Bom Jardim/Furna São José possui 40 famílias distribuídas em lotes que variam de 10 a 40 hectares, e suas principais atividades econômicas são a agricultura (mandioca, banana e milho), a criação de pequenos animais e o extrativismo do cumbaru (*Dipteryx alata* Vogel).

A vegetação dominante do município de Cáceres e entorno é de Cerrado, o clima regional é o tropical quente, caracterizado por estação chuvosa no verão (novembro a abril) e seca (maio a outubro) no inverno (NIMER, 1989; NEVES; NUNES; NEVES, 2011). As áreas de coleta são recobertas por vegetação de Cerrado *sensu stricto*, sendo que algumas áreas estão antropizadas.

As coletas florísticas e fitossociológicas foram realizadas no período de fevereiro a julho de 2012 em 30 parcelas (10 em cada assentamento) medindo 20 x 50 m cada, totalizando 30 mil m², com critério de inclusão circunferência à altura do peito (CAP) ≥ 15 cm (FELFILI; CARVALHO, HAIDAR, 2005). A altura de cada indivíduo foi estimada visualmente.

O material botânico coletado foi identificado com auxílio de bibliografia especializada e por comparação com material botânico do Herbário do Pantanal (HPAN) da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Posteriormente, esse material foi depositado no respectivo herbário. A coleta dos frutos nativos nessas áreas ocorre de forma individual e coletiva por grupos que praticam o extrativismo.

Para obter a densidade (ind.ha⁻¹) foi utilizada a Equação 1, segundo proposição de Muller-Dombois e Ellenberg (1974).

$$DA = \frac{A}{ni} \quad (1)$$

Onde:

DA = densidade absoluta;

ni = número de indivíduos;

A = área.

Para verificar o valor de importância (IVI) das espécies foi realizada a soma aritmética dos valores relativos de densidade, dominância e frequência (LONGHI *et al.*, 2000).

Para análise da estrutura de distribuição horizontal (circunferência) e vertical (altura) dos indivíduos foram utilizados histogramas de frequência, com intervalos de classes determinados a partir da fórmula de Sturges (Equação 2):

$$IC = \frac{A}{K} \quad (2)$$

Onde:

IC = intervalo de classes;

A = amplitude total;

k = número de classes.

O número de classes é dado pela Equação 3 (MACHADO *et al.*, 2008):

$$nc = 1 + 3,3 \log (n) \quad (3)$$

Onde:

nc = número de classes;

n = número de indivíduos.

A inclusão da linha de tendência e o cálculo do valor de R² foram realizados no programa Microsoft Office Excel[®] 2007. Essa distribuição permite verificar se a espécie está em processo de regeneração.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos 30 lotes dos 3 assentamentos investigados foram encontrados 1.150 indivíduos, pertencentes a 91 espécies, distribuídas em 82 gêneros e 47 famílias.

No Assentamento Margarida Alves (Figuras 2 e 3), o babaçu (*A. speciosa*) foi a espécie com maior densidade absoluta (DA), com 53 indivíduos, equivalente a 22%

(densidade relativa – DR) e 92% de IVI. Em estudo realizado por Silva *et al.* (2008) em 80 parcelas amostradas numa área de 2.500 m² no Cerrado com vegetação natural, em áreas de pastagens ou uso agrícola, não sendo uma área de babaçuais, foram encontrados, em 65 parcelas, uma média de 90,8 indivíduos por hectare, considerada uma densidade alta em comparação ao presente estudo.

No assentamento Corixo (Figuras 4 e 5), o pequi (*C. brasiliense*) apresentou maior DA (81 indivíduos) equivalente a 19% (DR) e 40,65% de IVI. A densidade

dessa espécie em estudos realizados na mesma fitofisionomia, porém com método de coleta diferente, apresentou baixa quantidade de indivíduos, equivalente a 8 e 30 indivíduos, em 2.800 m² e 6 hectares, respectivamente (CARDOSO; MORENO; GUIMARÃES, 2002; SILVA *et al.*, 2002).

No assentamento Bom Jardim/Furna São José (Figuras 6 e 7), o cumbaru (*D. alata*) foi a espécie com a segunda maior DA (54 indivíduos) equivalente a 11% (DR) e 26,24% de IVI. A densidade dessa espécie é irregular no Cerrado, ocorrendo em determinados pontos em



Figura 2 - Áreas de babaçuais no assentamento Margarida Alves, Mirassol D'Oeste, Mato Grosso.



Figura 4 - Cerrado sensu stricto do assentamento Corixo, Cáceres, Mato Grosso.



Figura 3 - Fruto do *Attalea speciosa*, assentamento Margarida Alves, Mirassol D'Oeste, Mato Grosso.



Figura 5 - Fruto do *Caryocar brasiliense*, assentamento Margarida Alves, Mirassol D'Oeste, Mato Grosso.

alta concentração e em outros, ausência quase total (VIEIRA *et al.*, 2006).

Os valores de R^2 para a espécie *Attalea speciosa* (baçaçu) com relação aos indivíduos sobre circunferência e altura no Assentamento Margarida Alves (0,140); (0,479) (Figura 8) não representaram uma tendência de J invertido, assim como não foi apresentado esse padrão para a espécie *Caryocar brasiliense* (pequi) no Assentamento Corixo (0,757); (0,317) (Figura 9), e *Dipteryx alata* (cumbaru) (0,626); (0,685) (Figura 10) no Assentamento Bom Jardim/Furna São José, devido à maioria dos valores de R^2 não apresentar valores próximos de 1. Apesar da relação dos indivíduos sobre circunferência para a espécie *C. brasiliense* apresentar valor de R^2 próximo de 1, não foi demonstrado o modelo exponencial, típico para o padrão de J invertido. No entanto, a espécie *D. alata* demonstrou o modelo

para a mesma relação, porém apresentou valores baixos de R^2 , não sendo explicativo o modelo exponencial.

Neste estudo, conforme as classes de circunferência e altura aumentam, o número de indivíduos não segue o padrão de J invertido, com menor quantidade de indivíduos nas últimas classes, ocorrendo grande variação. Isso foi representado pelo modelo linear na maioria dos gráficos de histogramas.

O padrão de J invertido caracteriza a capacidade da dinâmica de mortalidade e recrutamento (autorregeneração) e manutenção nos níveis atuais de densidade (NASCIMENTO; FELFILI; MEIRELLES, 2004). E isso pode não ter sido demonstrado devido às espécies em estudo estarem inseridas em áreas de pastagem e agricultura, que são atividades que contribuem para a intensa degradação do meio (CARVALHO, 2005) e, consequen-



Figura 6 - Assentamento Bom Jardim/Furna São José, Cáceres, Mato Grosso.



Figura 7 - Fruto do *Dipteryx alata*, assentamento Margarida Alves, Mirassol D'Oeste, Mato Grosso.

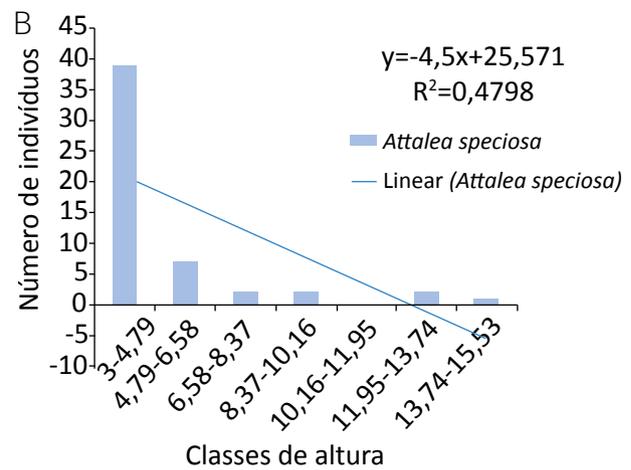
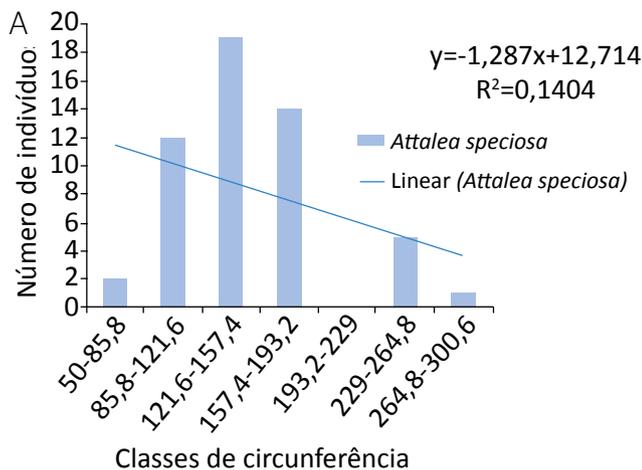


Figura 8 - (A) Distribuição horizontal (classes de circunferência) dos indivíduos de *Attalea speciosa* no assentamento Margarida Alves, Mirassol D'Oeste e Cáceres, Mato Grosso; (B) distribuição vertical (classes de altura) dos indivíduos de *Attalea speciosa* no assentamento Margarida Alves, Mirassol D'oeste e Cáceres, Mato Grosso.

temente, impossibilitando a regeneração das espécies vegetais. Situação análoga à encontrada nos assentamentos investigados ocorre nos 20 assentamentos da reforma agrária existentes no município de Cáceres (FREITAS *et al.*, 2014), nos quais 70% das áreas estão ocupadas com pastagens e 30% com atividades agrícolas (SILVA; ALMEIDA; KUDLAVICZ, 2012).

Os agricultores familiares dos assentamentos utilizam os frutos dessas espécies para a alimentação e posteriormente comercialização, e a baixa quantidade de in-

divíduos jovens (baixa regeneração) intriga a questão de que a população das espécies em estudo possam estar chegando ao ponto de equilíbrio dinâmico, com indivíduos mais velhos (CARVALHO, 1999), assim, conforme a população de agricultores familiares aumenta, a atividade extrativista pode se limitar, devido a não obter uma densidade proporcional de produtividade de frutos para essa prática, implicando no uso sustentável e consequentemente podendo levar à falta de ocorrência das espécies localmente. Desse modo, é necessária a conservação do habitat para que a produtividade possa ser significativa e

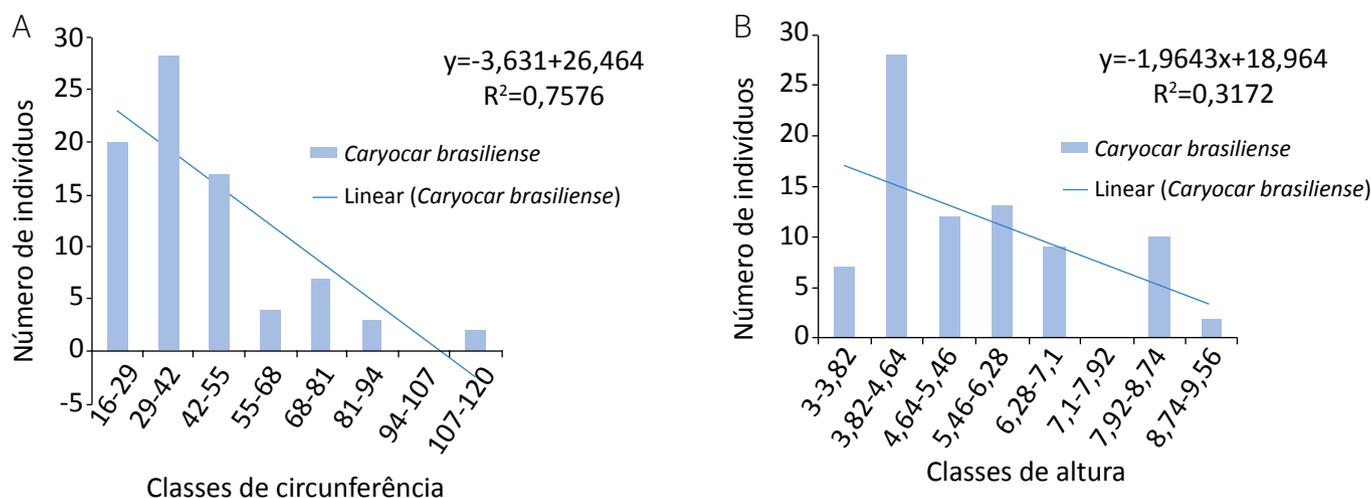


Figura 9 - (A) Distribuição horizontal (classes de circunferência) dos indivíduos de *Caryocar brasiliense* no assentamento Corixo, Cáceres, Mato Grosso; (B) distribuição vertical (classes de altura) dos indivíduos de *Caryocar brasiliense* no assentamento Corixo, Cáceres, Mato Grosso.

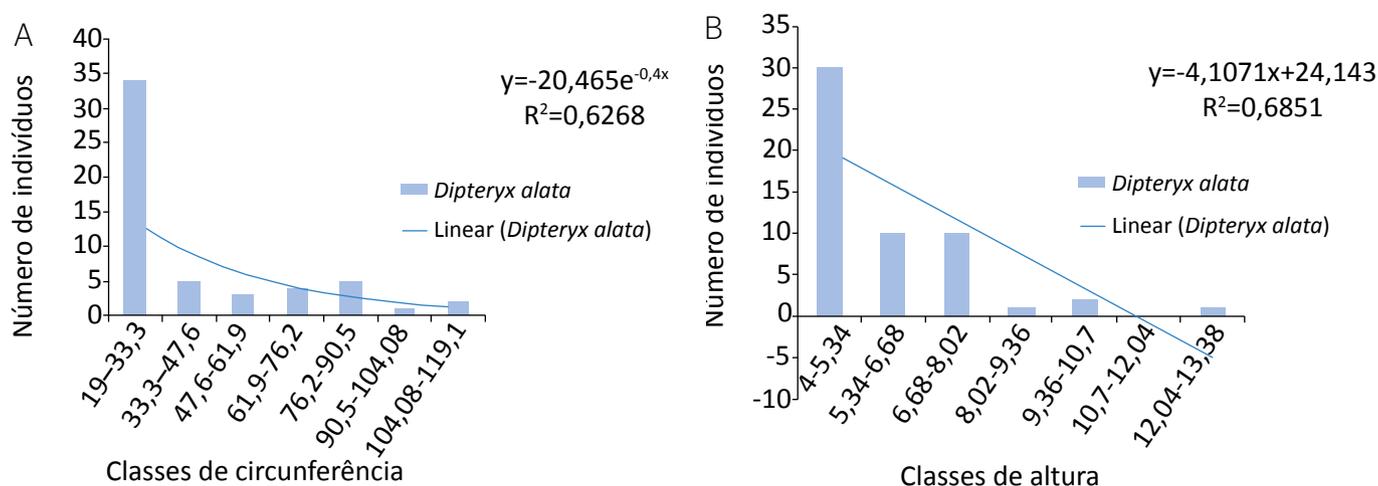


Figura 10 - (A) Distribuição horizontal (classes de circunferência) dos indivíduos de *Dipteryx alata* no assentamento Bom Jardim/Furna São José, Cáceres, Mato Grosso; (B) distribuição vertical (classes de altura) dos indivíduos de *Dipteryx alata* no assentamento Bom Jardim/Furna São José, Cáceres, Mato Grosso.

o agroextrativismo não seja comprometido, garantindo a geração de renda extra aos pequenos produtores.

A conservação nos assentamentos investigados, assim como constatado por Neves *et al.* (2015) nos assentamentos Providência III e Tupã, situados no município Mato-grossense de Curvelândia, constitui um desafio,

todavia, é possível a adoção de abordagens inovadoras de manejo (sistemas agroflorestais, sistema de integração lavoura, pecuária e floresta, etc.) e planejamento e gestão ambiental, que favoreçam a utilização racional das espécies e o desenvolvimento socioeconômico dos atores sociais.

CONCLUSÃO

Constatou-se que, nos lotes dos assentamentos avaliados, as espécies utilizadas no extrativismo apresentam baixa regeneração, o que pode implicar em risco social para as famílias que obtêm parte de sua renda para seu sustento por meio dessa atividade. A baixa regeneração das espécies decorre do fato dos três assentamentos serem oriundos de desapropriação de fazendas de criação bovina. Contudo, há iniciativas por parte dos assentados do Bom Jardim/Furna São José de produção de mudas de cumbaru (*Dipteryx alata*)

para plantio em seus lotes, visando à longevidade da atividade extrativista.

No caso dos assentamentos estudados, o incentivo ao manejo e à gestão ambiental da diversidade do Cerrado é imprescindível, pois ações como: deixar parte dos frutos para a alimentação da fauna, manutenção da vegetação das áreas de preservação permanente, produção de mudas, entre outras, podem minimizar a baixa capacidade de regeneração das espécies e contribuir para a sustentabilidade da atividade extrativista.

AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa contou com a concessão de bolsa de estudos pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT). O estudo foi contemplado com apoio financeiro do Programa Universidades e Comunidades no Cerrado (UNICOM), através do projeto “FLORELOS: elos ecossociais entre as florestas brasilei-

ras: modos de vida sustentáveis em paisagens produtivas”, desenvolvido pelo Instituto Sociedade, População e Natureza (ISPN) e com apoio financeiro da União Europeia. Este documento é de responsabilidade dos autores não podendo, em caso algum, considerar-se que reflete a posição de seus doadores.

COMITÊ DE ÉTICA E BIOSSEGURANÇA

Esta pesquisa foi submetida para análise no Comitê de Ética da Universidade do Estado de Mato Grosso

obtendo o deferimento para sua execução (Parecer CEP UNEMAT nº 055/2012).

REFERÊNCIAS

BRASIL. *Plano nacional de promoção das cadeias de produtos da sociobiodiversidade*. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2008. Disponível em: <http://www.mda.gov.br/sitemda/sites/sitemda/files/user_arquivos_64/PLANO_NACIONAL_DA_SOCIOBIODIVERSIDADE-_julho-2009.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2016.

CARDOSO, E.; MORENO, M. I. C.; GUIMARÃES, A. J. M. Estudo fitossociológico em área de Cerrado sensu stricto na estação de pesquisa e desenvolvimento ambiental galheiro – Perdizes, MG. *Caminhos de Geografia*, v. 3, n. 5, p. 30-43, 2002.

CARNEIRO, V. A.; GOMES, H. B.; NASSER, M. D.; RESENDE, H. G. O baru (*Dipteryx alata* Vog.) como exemplo de incremento de renda e de sustentabilidade de comunidades rurais no cerrado goiano: um relato de experiência via seminários da disciplina “Sistemas Agrários de Produção e Desenvolvimento Sustentável”. *Revista InterAtividade*, v. 2, n. 2, p. 42-52, 2014.

- CARVALHO, I. S. H. Políticas públicas para o extrativismo sustentável no cerrado. In: VI ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA ECOLÓGICA, 2005, Brasília. *Anais...* Brasília: ECOECO, 2005. p. 18.
- CARVALHO, J. O. P. Dinâmica de florestas naturais e sua implicação para o manejo florestal. In: SIMPÓSIO DE SILVICULTURA NA AMAZÔNIA ORIENTAL: CONTRIBUIÇÕES DO PROJETO EMBRAPA/DFID, 1999, Belém. *Anais...* Belém: EMBRAPA, CPATU, DFID, 1999. p. 174-179.
- CHAZDON, R. Regeneração de florestas tropicais. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, v. 7, n. 3, p. 195-218, 2012.
- FELFILI, J. M.; CARVALHO, F. A.; HAIDAR, R. F. *Manual para o monitoramento de parcelas permanentes nos Biomas Cerrado e Pantanal*. Brasília: Universidade de Brasília, 2005. 60p.
- FREITAS, L. E.; NEVES, S. M. A. S.; NEVES, R. J.; CARVALHO, K. S. A.; KREITLOW, J. P.; DASSOLER, T. F. Avaliação do uso dos solos nos assentamentos do município de Cáceres/MT. *Cadernos de Agroecologia*, v. 9, n. 4, p. 1-12, 2014.
- GUERRA, A. T. *Recursos naturais do Brasil*. Vol. 4. Rio de Janeiro: IBGE, 1980. 220p.
- KLINK, C. A. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. *Megadiversidade*, v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005.
- LABGEO – LABORATÓRIO DE GEOTECNOLOGIAS. *Localização dos assentamentos rurais investigados: Margarida Alves, Corixo e Bom Jardim/Furna São José*. Cáceres: Universidade do Estado de Mato Grosso, 2012.
- LONGHI, S. J.; ARAUJO, M. M.; KELLING, M. B.; HOPPE, J. M.; MÜLLER, I.; BORSOI, G. A. Aspectos fitossociológicos de fragmento de floresta estacional decidual, Santa Maria, RS. *Ciência Florestal*, v. 10, n. 2, p. 59-74, 2000.
- MACHADO, S. A.; NASCIMENTO, R. G. M.; AUGUSTYNICZIK, A. L. D.; SILVA, L. C. R.; FIGURA, M. A.; PEREIRA, E. M.; TÊO, S. J. Comportamento da relação hipsométrica de *Araucaria angustifolia* no capão da Engenharia Florestal da UFPR. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v.9, n. 56, p. 5-16, 2008.
- MATO GROSSO. *Plano de Desenvolvimento do Estado de Mato Grosso*. Cuiabá: Secretaria de Planejamento do Estado de Mato Grosso, 2010. 595p.
- MENDES, M. F.; CALAÇA, M.; NEVES, S. M. A. S.; SILVA, M. A.; KREITLOW, J. P. Agricultura familiar, agroecologia e políticas públicas no assentamento Sadia Vale Verde/Cáceres, MT. *Cadernos de Agroecologia*, v. 10, n. 3, p. 1-5, 2015.
- MULLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. Community sampling: the Relevé Method. In: MULLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. *Aims and methods of vegetation ecology*. New York: Wiley International, 1974. p. 44-66.
- NASCIMENTO, A. R. T.; FELFILI, J. M.; MEIRELLES, E. M. Florística e estrutura da comunidade arbórea de um remanescente de Floresta Estacional Decidual de encosta, Monte Alegre, GO, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, v. 18, n. 3, p. 659-669, 2004.
- NEVES, S. M. A. S.; NUNES, M. C. M.; NEVES, R. J. Caracterização das condições climáticas de Cáceres/MT-Brasil, no período de 1971 a 2009: subsídio às atividades agropecuárias e turísticas municipais. *Boletim Goiano de Geografia*, v. 31, n. 2, p. 55-68, 2011.
- NEVES, S. M. A. S.; SCHEUER, J.; MIRANDA, M. R. S. Mudanças espaço-temporais da paisagem dos assentamentos Providência III e Tupã, no contexto das transformações socioterritoriais do município de Curvelândia. In: ALMEIDA, R. A.; SILVA, T. P. (Orgs). *Repercussões territoriais do desenvolvimento desigual-combinado e contraditório em Mato Grosso*. Campo Grande: Ed. UFMS, 2015. p. 218-241.
- NIMER, E. Clima. In: IBGE. *Geografia do Brasil: região centro-oeste*. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. p. 28-31.

ROCHA, M. G.; ROCHA, T. C.; AGUIAR, J. L. P.; JUNQUEIRA, N. T. V. Dinâmica da produção extrativista de pequi no Brasil. *In: IX SIMPÓSIO NACIONAL CERRADO E II SIMPÓSIO INTERNACIONAL SAVANAS TROPICAIS*, 2008, Brasília. *Anais...* Brasília: CPAC, 2008. p. 8.

SACHS, I. *Caminhos para o desenvolvimento sustentável*. Rio de Janeiro: Garamond, 2009. 95p.

SANTOS, L. N.; RODRIGUES, W.; SILVA, M. A. R. Políticas de desenvolvimento e sustentabilidade para as comunidades agroextrativistas da Amazônia legal. *In: I SEMINÁRIO DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL, ESTADO E SOCIEDADE*, 2012, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: SEDRES, 2012. p. 14.

SANTOS, S. A.; CRISPIM, S. M. A.; COMASTRI FILHO, J. A. Pastagens no ecossistema Pantanal: manejo, conservação e monitoramento. *In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA*, 2005, Goiânia. *Anais...* Goiânia: SBZ, 2005. p.23-35.

SILVA, C. V.; MIGUEL, L. A. Extrativismo e abordagem sistêmica. *In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS*, 2014, Ribeirão Preto. *Anais...* Ribeirão Preto: FEARP-USP, 2014. p. 1-26.

SILVA, L. O.; COSTA, D. A.; SANTO FILHO, K. E.; FERREIRA, H. D.; BRANDÃO, D. Levantamento florístico e fitossociológico em duas áreas de Cerrado *sensu stricto* no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, Goiás. *Acta Botanica Brasílica*, v. 16, n. 1, p. 43-53, 2002.

SILVA, M. R.; MITJA, D.; MARTINS, E. S.; CARVALHO JUNIOR, O. A. Levantamento sistemático de babaçu (*Attalea speciosa* Mart. ex Spreng.) na bacia do Rio Cocal, Tocantins. *In: IX SIMPÓSIO NACIONAL CERRADO E II SIMPÓSIO INTERNACIONAL SAVANAS TROPICAIS*, 2008, Brasília. *Anais...* Brasília: CPAC, 2008. p. 1-6.

SILVA, T. P.; ALMEIDA, R. A.; KUDLAVICZ, M. Os assentamentos rurais em Cáceres/MT: espaço de vida e luta camponesa. *Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros – Seção Três Lagoas/MS*, v. 8, n. 15, p. 62-82, 2012.

VIEIRA, R. F.; COSTA, T. S. A.; SILVA, D. B.; FERREIRA, F. R.; SANO, S. M. *Frutas nativas da região Centro-Oeste do Brasil*. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006. 320p.

ECOEFIÊNCIA, LOGÍSTICA REVERSA E A RECICLAGEM DE PILHAS E BATERIAS: REVISÃO

REVERSE LOGISTIC, RECYCLING AND ECO-EFFICIENCY OF THE BATTERIES: REVIEW

Andria Angélica Conte

Mestrado em Ciência e Tecnologia
Ambiental pela Universidade
Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR) – Curitiba (PR), Brasil.

Endereço para correspondência:

Andria Angélica Conte – Rua Conde
dos Arcos, 1800 – Lindóia –
81010-120 – Curitiba (PR), Brasil –
E-mail: andriaconte9@gmail.com

RESUMO

O artigo teve como objetivo fazer uma revisão sobre ecoeficiência, logística reversa, métodos de reciclagem e as rotas mais utilizadas para a recuperação dos materiais e componentes de pilhas e baterias exauridas. São evidenciadas as vantagens e desvantagens das rotas de processos de reciclagem mais comumente utilizados. Ressaltam-se também os riscos à saúde e ao meio ambiente por processos de lixiviação ou percolação dos compostos químicos existentes na composição desses sistemas eletroquímicos. São citadas as legislações da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e a Resolução nº 401 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de 4 de novembro de 2008, vigentes no Brasil. Este trabalho é apresentado por meio de uma pesquisa de artigos científicos publicados, suas características principais e conclusões, pelo período dos últimos sete anos e por material informativo de órgãos e instituições.

Palavras-chave: ecoeficiência; logística reversa; reciclagem de pilhas e baterias.

ABSTRACT

The article is a review on the eco-efficiency, reverse logistics, recycling methods and routes most used for the recovery of materials and components of dead batteries. The advantages and disadvantages of the most commonly used recycling processes' routes are evidenced. It also highlights the risks to health and the environment through processes of leaching or percolation of the chemical composition of these compounds in electrochemical systems. Relevant legislation, such as the National Solid Waste (PNRS) and the National Environmental Council (CONAMA), no. 401, of November 4, 2008, effective in Brazil, are cited. This article is presented through a survey of published scientific articles, its main characteristics and findings, for a period of seven years, as well as informative materials from competent institutions and bodies with recognized reliability.

Keywords: eco-efficiency; reverse logistic; recycling of the batteries.

INTRODUÇÃO

A necessidade de reverter os processos de degradação ambiental, em decorrência da produção e do consumo excessivos, e de buscar formas de desenvolvimento compatível com a conservação da natureza mostra-se como desafio dos tempos atuais, exigindo a conjunção de ações nos meios científicos e tecnológicos visando à diminuição dos impactos sanitários e ambientais.

Atualmente, pesquisas de melhoramentos de tecnologias e inovações tornaram-se obrigatórias, criadas por leis que determinam a preservação do meio ambiente e a saúde humana, pois

a significativa proliferação de eletroeletrônicos como iPads, ferramentas elétricas, brinquedos, câmaras fotográficas, iPods, filmadoras, telefones celulares, computadores, chips, aparelhos de som, instrumentos de medição e aferição, equipamentos médicos e muitos outros aumentou a utilização de uma grande variedade de pilhas e baterias cada vez menores, mais leves e com melhor desempenho. (KEMERICH *et al.*, 2012, p. 1680)

Conforme Silva *et al.* (2011), os primeiros alertas sobre os riscos de se descartar baterias e pilhas usadas com o resíduo comum surgiram na década de 1970, nos Estados Unidos da América. Em 1980, os países da Europa começaram a direcionar esforços na gestão de resíduos perigosos, o que motivou a busca por mecanismos de gerenciamento para diminuir os impactos sanitários e ambientais negativos causados.

No Brasil, somente no final da década de 1990 iniciou-se a preocupação por pilhas e baterias usadas. O país criou resolução específica (Resolução nº 257, de 22 de julho de 1999, do Conselho Nacional do Meio Ambiente — CONAMA) que dispõe sobre pilhas e baterias que continham mercúrio, chumbo e cádmio. Esta disciplinava o descarte e gerenciamento ambientalmente adequado de pilhas e baterias usadas no que tange à coleta, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final.

No entanto, essa medida, necessária e em vigor, mostrou-se insuficiente para solucionar na prática o problema do descarte correto das baterias usadas ou inservíveis, pois, analisando a Resolução nº 257, de 1999, não se constata a especificação de todos os tipos de pilhas e baterias existentes para diferenciar o modo de recolhimento, transporte e descarte, ocorrendo uma generalização sobre o assunto e gerando desinformação.

Com o passar dos anos, foi realizada uma revisão da Resolução nº 257 do CONAMA (2008) para Resolução nº 401, de 4 de novembro de 2008, que também estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio, critérios padrão para o gerenciamento ambiental e a devolução aos fabricantes e distribuidores. Do mesmo modo, observa-se a ineficiência em seu cumprimento, como nos tratos das questões que envolvem a recepção e reciclagem de todas as marcas existentes no mercado.

Segundo a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE, 2013), atualmente, no Brasil, são produzidas 800 milhões de pilhas e 17 milhões de baterias por ano, sendo 80% de pilhas secas (zinco e carbono) e 20% de pilhas alcalinas, e não há estimativas da quantidade de baterias e pilhas que são recolhidas e recicladas ou descartadas de forma correta.

Diante dos fatos, é visível e significativo o complexo problema socioambiental apresentado, visto que envolve o conhecimento e a participação da sociedade sobre as consequências sanitárias e ambientais ocasionadas pelo uso e descarte incorretos, como a falta de um sistema de controle que aborde produção, recolhimento, reutilização ou reciclagem e transporte desses produtos.

Assim sendo, esta pesquisa objetivou fazer uma revisão sobre a ecoeficiência, a logística reversa e os processos de reciclagem mais utilizados no Brasil e em outros países, suas vantagens e desvantagens referentes às pilhas e às baterias.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O artigo caracteriza-se por pesquisa bibliográfica dos últimos sete anos, relacionando artigos e periódicos científicos publicados no Brasil e em outros países, a atual Política Nacional Brasileira de

Resíduos Sólidos (PNRS), as Resoluções nº 257 e nº 401 do CONAMA e material informativo de órgãos, instituições competentes e de reconhecida confiabilidade.

Pilhas e baterias

As pilhas e baterias são de tamanho, formato e composição química diversificados. Podem ser fixas em aparelhos ou instrumentos ou removíveis. Divididas em primárias (pilhas descartáveis) e secundárias (baterias recarregáveis, também denominadas de acumuladores), surgiram pela popularização de eletroeletrônicos e permitem uso constante.

Para a caracterização de pilhas alcalinas e secas, pode-se conceituar como seca aquela que possui dois eletrodos, o de zinco (ânodo) e o de grafite (cátodo), em uma solução eletrolítica composta por cloreto de zinco ($ZnCl_2$), dióxido de manganês (MnO_2) e cloreto de amônio (NH_4Cl). A pilha alcalina é composta de ânodo de zinco poroso, imerso em solução constituída de hidróxido de potássio ou sódio, e de um cátodo de dióxido de manganês, envoltos por aço níquelado.

Pilhas, baterias e a saúde

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2004) publicou uma nova versão de sua norma NBR 10.004, sobre Resíduos Sólidos, especificando-os em três classes distintas: Classe I (perigosos), Classe II (não inertes) e Classe III (inertes).

Na Tabela 1 estão apresentados vários tipos de baterias e seus usos. Os dados são fornecidos pela Secretaria de Meio Ambiente do Paraná (SEMA, 2008).

Tenório & Espinosa (2010) citam que as pilhas secas e alcalinas constituem-se de zinco (Zn), grafite e dióxido de manganês (MnO_2), podendo também possuir mercúrio (Hg), chumbo (Pb), cádmio (Cd) e índio (In), para evitar a corrosão.

As baterias recarregáveis são, em sua maioria, de Ni-Cd (níquel-cádmio) e utilizadas em *notebooks*, telefones celulares e aparelhos sem fio. Pelo fato de possuírem cádmio, metal tóxico, foram desenvolvidas baterias recarregáveis de níquel-metal hidreto (NiMH) e as de íons de lítio, as quais apresentam grande vantagem quanto a sua densidade de energia, uma vez que o lítio é um elemento altamente reativo e armazena grande quantidade de energia em baterias leves e de pequeno porte.

Classe I - Resíduos perigosos: são aqueles que apresentam riscos à saúde pública e ao meio ambiente, exigindo tratamento e disposição especiais em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade. (ABNT, 2004, p.3,4)

Tabela 1 - Tipos de baterias e seus principais usos.

Tipos de baterias	Principais usos
Níquel-hidreto (recarregável)	Telefones celulares, telefones sem fio, filmadoras e <i>notebooks</i> .
Íon de lítio (recarregável)	Telefones celulares e <i>notebooks</i> .
Chumbo ácido (recarregável)	Indústrias, automóveis e filmadoras.
Níquel-cádmio (recarregável)	Telefone sem fio, barbeadores e aparelhos que utilizam baterias e pilhas recarregáveis.
Óxido de mercúrio	Instrumentos de navegação e aparelhos de instrumentação e controle.
Zinco-ar	Aparelhos auditivos.
Lítio	Agendas eletrônicas, calculadoras, relógios, computadores, equipamentos fotográficos.
Alcalinas (alcalina-manganês) e zinco-carbono	Rádios, gravadores, brinquedos e lanternas.

Fonte: Secretaria do Meio Ambiente do Paraná (SEMA), 2008.

Pilhas e baterias se enquadram nessa classificação, pois contêm em sua composição uma variedade de metais tóxicos, como cádmio, mercúrio, chumbo, lítio e outros componentes.

Silva & Rohlf (2010) alertam sobre esses metais que podem causar danos irreversíveis ao ser humano e outras formas de vida, como apresentado na Tabela 2.

Câmara *et al.* (2012) concluíram que as baterias de zinco-carbono e alcalinas que sofrem ações do intemperismo por mais de 30 dias apresentam corrosão e, por lixiviação, liberam chumbo, cádmio e mercúrio no meio em que se encontram.

Gazano, De Camargo e Flues (2009) realizaram estudo da lixiviação dos metais Cd (cádmio), Mn (manganês),

Ecoeficiência

O termo ecoeficiência foi criado em 2008 pelo *World Business Council for Sustainable Development (WBCSD)*, instituição que defende os princípios de crescimento econômico com desenvolvimento sustentável.

A ecoeficiência abrange uma série de ações e valores que envolvem a oferta de bens e serviços a preços competitivos com garantia da qualidade de vida e, ao mesmo tempo, que reduzam o impacto ecológico e a

Pb (chumbo) e Zn (zinco) provenientes de pilhas comuns, do tipo Zn-C, sobre uma coluna de solo. Os autores constataram que esses metais foram percolados e permaneceram no solo, podendo, dessa forma, comprometer a qualidade da água subterrânea.

Portanto, pilhas e baterias inservíveis e descartadas inadequadamente podem levar a consequências ambientais e de saúde preocupantes, pois tanto na água como em um aterro sanitário, por ação do intemperismo e de fatores físicos locais, sofrem a lixiviação de suas substâncias químicas, como metais tóxicos, que, conforme Günther (1998), podem ser repassados ao solo, à água, à atmosfera e conseqüentemente através da cadeia trófica.

utilização dos recursos naturais, para a preservação da vida no planeta.

Para isso, de acordo com o WBCSD (2000), sete elementos foram indicados para serem utilizados pelas empresas e indústrias com a finalidade de minimizar o consumo de recursos renováveis e não renováveis. São eles: redução da dispersão de substâncias tóxicas, redução do consumo de energia, aumento da reciclagem dos materiais, aumen-

Tabela 2 - Componentes comuns das pilhas e baterias e suas características relacionadas com toxicidade.

Componente	Características
Mercúrio	Quando em concentrações superiores aos valores normalmente presentes na natureza, surge o risco de contaminação ambiental, atingindo o ser humano e várias formas de vida. O mercúrio apresenta a qualidade de se combinar ao carbono em compostos orgânicos. Facilmente inalado e absorvido pelas vias respiratórias quando em suspensão; ingestão de alimentos contaminados e nos tratamentos dentários. No homem, causa prejuízos ao fígado e ao cérebro e distúrbios neurológicos.
Cádmio	A meia-vida do cádmio em seres humanos é de 20 a 30 anos. É bioacumulativo (rins, fígado e ossos), podendo levar a disfunções renais e osteoporose.
Chumbo	Causa anemia, neurite periférica (paralisia), problemas pulmonares sérios, encefalopatia (sonolência, convulsões, delírios e coma) e disfunção renal, quando inalado ou absorvido.
Lítio	Disfunção neurológica e renal; torna-se cáustico em contato com a pele e mucosas.
Manganês	Atinge o sistema nervoso, causando gagueira e insônia.
Níquel	Cancerígeno.

to da durabilidade dos produtos, aumento da intensidade do uso de produtos e serviços, maximização do uso de recursos renováveis e redução do consumo de materiais. Na Tabela 3 são apresentadas algumas publicações sobre ecoeficiência relacionadas às pilhas e às baterias.

O WBCSD (2000) informa também que a otimização dos processos de produção, a reengenharia, a ecoinovação, a produção mais limpa e a redução de custos são métodos que podem atingir a melhoria da qualidade de vida e a preservação do meio ambiente como um todo.

Fundada em Boston, EUA, no ano de 1997, a *Global Reporting Initiative* (GRI) tem, atualmente, sua sede na Holanda. É uma organização *multistakeholder*, sem fins lucrativos, que desenvolve uma estrutura de relatórios de sustentabilidade adotada por cerca de mais de mil organizações no mundo e alinha-se à Declaração Universal dos Direitos Humanos, ao pacto global, aos objetivos do desenvolvimento do milênio, aos padrões ISO e aos índices de sustentabilidade empresarial (GREEN-MOBILITY, 2008).

Tabela 3 - Publicações sobre ecoeficiência de pilhas e baterias.

Autor	Características	Conclusões
Nunes & Bennett (2010)	Trata da ecoeficiência de produtos como <i>ecodesign</i> , cadeias de fornecimento e logística reversa de componentes e baterias de automóveis e aponta estratégias de produção sustentável e políticas de consumo para contribuir com o meio ambiente.	Conclui que as baterias utilizadas em automóveis constituídas de níquel e cádmio devem ser substituídas por baterias de lítio por possuírem ciclo de vida mais longo; serem mais leves e possuir maior capacidade de armazenamento de energia.
Georgi-Maschler <i>et al.</i> (2012)	Descrevem sobre as baterias constituídas de lítio-íon; o aumento de sucata pela substituição das baterias comumente utilizadas e o circuito fechado realizado pelas empresas.	Para a inovação de tecnologias limpas deve ser considerada a sustentabilidade ambiental e econômica. As baterias de li-íon possuem grandes quantidades de alumínio, ferro, lítio, cobalto, níquel e manganês (metais perigosos à saúde humana e ao meio ambiente).
Anacleto <i>et al.</i> (2012)	Analisam os indicadores de ecoeficiência e produção mais limpa na Engenharia de Produção no Brasil.	Concluíram que, na área de Engenharia de Produção do Brasil, a abordagem sobre produção limpa é muito pequena e ainda não há nenhum planejamento ecoeficiente.
Munck, Cella-De-Oliveira e Bansi (2012)	Indicadores de medição de ecoeficiência e suas aplicações; análise de indicadores da WBCSD e da GRI pelo Método Bellagio.	Não são visíveis e robustos os indicadores da WBCSD, são apenas apresentados como objetivos. Os indicadores da GRI também não atingem a maioria das dimensões propostas pelos princípios da Ecoeficiência.
Thomas (2009)	O UPC poderia ser desenvolvido para fechar os ciclos de materiais por meio da reciclagem ou reutilização, ou seja, produtos devem ser projetados para serem reciclados usando tecnologias mais simples, fáceis e de baixo custo.	A utilização de UPC termina, em sua maioria, no ponto de venda. Ao contrário, ocasionaria além da redução de custos para reciclagem, o ciclo de vida poderia fornecer em todos os produtos, como brinquedos, ferramentas, baterias, pilhas, eletroeletrônicos, um aumento de reciclagem e redução de impactos ao meio ambiente.

GRI: *Global Reporting Initiative*; WBCSD: *World Business Council for Sustainable Development*; UPC: *Universal Product Code*.

Considerando os princípios da ecoeficiência e as diretrizes da GRI para sustentabilidade, entende-se, pelos estudos dos autores citados na Tabela 3, que, para serem aplicados seus objetivos e parâmetros, é necessário informar à sociedade sobre disposição especial de pilhas e baterias exauridas; importância da logística re-

Logística reversa

No Brasil, a partir de 2010, a logística reversa, a coleta seletiva e a responsabilidade compartilhada foram estabelecidas e colocadas como ações obrigatórias pela Lei nº 12.305 da PNRS.

São seis os tipos de resíduos que devem receber coleta e tratamento adequados e responsabilidade compartilhada entre fabricantes, distribuidores e consumidores. Como exemplos, temos pilhas e baterias, pneus, embalagens de agrotóxicos, óleos lubrificantes, eletroeletrônicos e lâmpadas fluorescentes. E os procedimentos para operar os sistemas de logística reversa de tais produtos são realizados por meio de acordos, regulamentos ou termos de compromisso pelos fabricantes.

Sendo a logística reversa considerada um instrumento de desenvolvimento econômico, Demajorovic *et al.* (2012) apontam que viabilizar a coleta e a restituição de resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento ou destinação final ambientalmente adequada, faz-se uma relação totalmente dependente quanto aos parâmetros da ecoeficiência. Destes, pode-se citar a redução progressiva do impacto ecológico, a redução da dispersão de substâncias tóxicas e a intensificação de reciclagem de materiais.

Ações mundiais e nacionais podem ser apontadas como positivas quanto à logística reversa e à ecoeficiência. Como exemplo, é possível citar a Comissão Europeia Ambiente e a Associação do Ponto Verde, que implantaram um método ou programa denominado *Grüner-punkt/green dot*, que consiste em locais de coletas de produtos que possam ser reutilizados e/ou reciclados.

Segundo a *Prefectura de Barcelona* (2010), na Espanha, existem os “*Puntos Verdes*”, ou pontos verdes, que são centros de descarte para os resíduos incomuns ou complexos, divididos em três tipos: de bairros, de zonas e os móveis.

Os pontos verdes de bairro são direcionados aos moradores, e os de zona, ao comércio. Os móveis atendem tanto à comunidade quanto aos comerciantes e circulam pela

versa e atitudes consumistas conscientes (redução da dispersão de substâncias tóxicas); criação de tecnologias diferenciadas e de baixo impacto ambiental (aumento da reciclagem dos materiais); pesquisas sobre o ciclo de vida dos produtos (maximização do uso de recursos renováveis e redução do consumo de materiais).

cidade para facilitar a entrega. Aos resíduos incomuns ou complexos é dada a seguinte classificação:

1. reutilizáveis: roupas, calçados e cartuchos de impressoras vazios, garrafas de *champagne*, *toners*;
2. recicláveis: eletroeletrônicos, pneus, óleo de cozinha, cabos elétricos, sucata doméstica, CDs e DVDs, pequenos pneus e outros;
3. especiais ou perigosos: latas de tinta *spray*, aerossóis, oxidantes, reagentes, raios-x, lâmpadas fluorescentes, agrotóxicos, filtros de veículos, embalagens sujas de vidros, solventes, terebentina, bases, medicamentos, cosméticos, colas, vernizes, óleo de motor, pilhas e baterias em geral.

No Brasil, a ABINEE (2013) iniciou a implantação do programa de logística reversa de pilhas e baterias de uso doméstico, conforme estabelecia a Resolução CONAMA nº 401. O programa, que está em fase de expansão, prevê o recebimento, em todo o território nacional, de pilhas e baterias usadas, devolvidas pelo consumidor ao comércio. Seu encaminhamento é realizado por transportadoras certificadas às empresas que fazem a reciclagem desses materiais.

O grupo empresarial Pão de Açúcar, no Brasil, tem o programa “Coleta de pilhas e baterias”, em parceria com a ABINEE e em cumprimento à Resolução CONAMA nº 401/08, desde 2010 (GRUPO-PÃO-DE-AÇÚCAR, 2010). As lojas do grupo recolheram mais de 43, 8 t de pilhas e baterias usadas, sendo 33 t em 2012, período que alcançou mais de 200% que o registrado coletado no ano 2011. Na Tabela 4 são apresentadas as contribuições para a logística reversa.

Vieira, Soares e Soares (2009) fazem referência quanto ao processo de logística reversa no país e evidenciam que deve existir uma relação uniforme entre a empresa e o usuário, e a informação deve atingir todos os níveis hierárquicos da sociedade.

Selpis, Castilho e Araújo (2012) também citam em seu artigo sobre a capacidade de reciclagem no Brasil e o não

acompanhamento realizado ao crescimento do consumo de produtos tecnológicos. No Brasil, a logística reversa é vista como estratégia eficiente na gestão de resíduos, mas prejudicada pelos custos elevados dos sistemas de transporte, como pedágios e má conservação das vias.

Sendo assim, como indicam as pesquisas de alguns autores da Tabela 4, pontos de coleta devem ser implantados

Reciclagem de pilhas e baterias

Devido às novas legislações ambientais que regulamentaram a destinação de pilhas e baterias em diversos países e no Brasil, alguns métodos foram desenvolvidos visando a sua reciclagem.

Muitos laboratórios têm realizado estudos e pesquisas para aprimorar os processos de reciclagem de baterias exauridas ou para tratá-las para que tenham uma destinação final correta ou seus materiais possam ser reutilizados.

Fundada em 1997, Lorene é uma empresa brasileira que compra sucatas digitais a partir de computadores, telefones, eletrônicos, baterias, produtos industriais (aço inoxidável e outras ligas) e catalisadores automotivos. Com sede em São Paulo, possui escritórios nas cidades do Rio de Janeiro, de Curitiba e Manaus, assim como nos Estados Unidos da América (EUA), na Bolívia, no Chile, na Venezuela, em Israel e no Japão.

Suzaquim é uma empresa brasileira, localizada em Suzano (cidade do Estado de São Paulo), que iniciou suas operações de beneficiamento de resíduos industriais como matérias-primas para a produção de materiais metálicos. Também implementou a reciclagem de baterias e recebe telefones celulares e outros pequenos resíduos eletroeletrônicos que são recolhidos pelo “Programa Eater” (coordenado e organizado pelo Grupo Santander).

A Umicore, que opera no Brasil desde 2005, é uma empresa fornecedora de níquel e cobalto para baterias recarregáveis. Tal empresa acredita que os metais contidos em pilhas e baterias têm um papel vital porque eles podem ser reciclados de forma eficiente e infinita, tornando-se uma base sustentável para bens e serviços.

Por meio de uma tecnologia comprovada, o processo patenteado pela Umicore representa a prática para um gerenciamento econômico e ambiental no descarte das baterias recarregáveis em fim de vida útil. A empresa, de

e deve haver decodificação do ciclo de vida dos produtos, informação para a sociedade sobre a importância da preservação da saúde e do ambiente e comprometimento de fabricantes, distribuidores e consumidores, para que os sistemas de logística reversa sejam congruentes com os processos de reciclagem, promovendo significativas ações que colaborem para os princípios da ecoeficiência e, por fim, a sustentabilidade.

origem belga, realiza métodos de circuito fechado (*close loops*) e evidencia que, por intermédio destes, não ocorre a geração de resíduos perigosos, os riscos são inexistentes e os custos, eficientes. Os lotes de baterias recarregáveis recebidos são reciclados pelo sistema VAI'EAS, que permite, pela sua eficiência, emitir certificado verde de destruição e reciclagem (UMICORE, 2011).

Outras empresas que se destinam a processar e reciclar materiais provindos de pilhas, baterias e eletroeletrônicos e estão instaladas no território nacional ou recebem materiais do Brasil são a Cimélia, que possui pontos de coleta nos EUA, na Alemanha, na Malásia, no Japão e na Índia, e a Belmont, que, em parceria com SIPI Metais, está em São Paulo (desde 2005) e em Manaus (desde 2006), onde recolhe a sucata e exporta para posterior processamento.

A Tabela 5 apresenta as publicações relacionadas com reciclagem de pilhas e baterias.

Sendo a reciclagem um termo genericamente utilizado para designar o reaproveitamento de materiais beneficiados como matéria-prima para um novo produto, esta depende da coleta e dos sistemas de logística reversa, como também da inovação da tecnologia da composição química de pilhas e baterias e da facilitação de sua desmontagem. Assim sendo, os processos de reciclagem estão relacionados com a eficiência de produção desses materiais e no retorno aos fabricantes ou recuperadores.

Muitos são os estudos e as pesquisas sobre a reciclagem de materiais constituintes de baterias e pilhas. Consoante as pesquisas de autores como Kemerich *et al.* (2012) e Mota, Nascimento e Peixoto (2012), percebe-se que um dos principais fatores para a atenuação do uso dos recursos naturais está no potencial de sensibilização e informação das coletividades, para que se procedam às mudanças nos hábitos de produção e consumo.

Tabela 4 - Contribuição de publicações para a temática de logística reversa.

Autor	Características	Conclusões
Dekker, Bloemhof e Mallidis (2012)	Trata da contribuição da pesquisa operacional para logística verde e envolve a integração dos aspectos ambientais; design, planejamento e controle em cadeia de suprimentos para transporte; inventário de produtos, decisões e instalações.	Os processos de estimativa de logística reversa estão apenas começando no mundo e a sustentabilidade é maior do que é percebida e tratada dentro da logística reversa e inversa. O desenvolvimento de parâmetros e indicadores que possam explicar as consequências de nossas ações para apresentar alternativas para implementação do processo reverso.
Amaral (2010)	A importância da participação das empresas na destinação final correta de eletroeletrônicos, incluindo pilhas e baterias no território nacional.	Conclui que o dever de defender o meio ambiente depende também da coletividade, quanto pelo poder público, devendo atuar conjuntamente.
Pereira, Wetzel e Santana (2010)	Tratam do estudo da pós-venda e pós-consumo e a relação da Lei nº 7.404, de 03 de dezembro de 2010, e reforça a prática da logística reversa como alternativa eficaz para o gerenciamento de pilhas e baterias de maneira que contemple o tripé da sustentabilidade e a criação de ecopontos para reforçar o sistema de logística reversa.	Indicam as vantagens e razões para a logística reversa como: - conscientização de consumidores para valorizar as empresas que possuem políticas de retorno e coleta. - empresa com imagem diferenciada por ações ecologicamente corretas. - a redução de custos para a empresa. - redução do ciclo de vida dos produtos para não ocorrer obsolescência precoce de bens e a não geração de resíduos sem destinação adequada.
Vieira, Soares e Soares (2009)	Discorrem sobre as normas brasileiras para baterias de computadores que contêm níquel e cádmio e sobre a Resolução nº 257 do CONAMA.	Indicam sobre a problemática da logística reversa das indústrias no Brasil, em que o consumidor não é obrigado a devolver baterias e, assim, havendo baixo nível de devolução e aumento de impacto ambiental pelo descarte inadequado.
Demajorovic <i>et al.</i> (2012)	Analisa a Lei nº 12.305/2010 que obriga os fabricantes de celulares a estruturar programas de logística reversa e a comunicar seus clientes sobre como proceder depois do ciclo de vida útil das baterias.	A integração de marketing e sustentabilidade pode ir além da oferta de produtos verdes ou a construção de uma imagem socialmente responsável beneficiando a sociedade como um todo. O marketing é um importante instrumento de conscientização da população quanto ao descarte de baterias de celulares exauridas.
Bernardini, Paul e Dumke (2012)	Aplicação do Projeto Pilhagudo no município de Agudo (RS) para recolhimento de pilhas e baterias.	Resposta positiva da comunidade em junho e julho de 2011, onde ocorreu o recolhimento de 300 kg de pilhas e baterias.

Continua...

Tabela 4 - Continuação.

Autor	Características	Conclusões
Oliveira (2012)	Estuda a logística reversa de baterias automotivas (chumbo-ácido) em Campo Grande (RS) sob a ótica socioambiental.	Neste segmento há uma eficiente e eficaz operacionalização da Logística Reversa em todos os níveis da cadeia de suprimentos e o comprometimento e responsabilidade de distribuidores e consumidores de baterias automotivas.
Ruiz <i>et al.</i> (2012)	Contempla a análise de iniciativas de coleta existentes na cidade de Rio Claro (SP) e o encaminhamento de pilhas e baterias para os grandes centros.	Conclui que é alto custo financeiro para transporte de pilhas e baterias esgotadas e que a reciclagem local não é viável economicamente. Elaboração de projeto de lei para o PGREE, instalação de três ecopontos para coleta de pilhas e baterias e educação ambiental para a comunidade.

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente; PGREE: Programa de Gerenciamento de Resíduos Eletroeletrônicos.

Tabela 5 - Publicações sobre reciclagem de pilhas e baterias.

Autor	Características	Conclusões
Gaynes <i>et al.</i> (2009)	Ênfase na produção e nos constituintes de materiais, fabricação de baterias e o encargo do ciclo de vida das baterias lítio-íon.	A reciclagem de baterias pode potencialmente reduzir significativamente a produção de energia.
Wolff & Conceição (2011)	Discorrem sobre a performance ambiental e a legislação de pilhas e baterias no Brasil, na Alemanha, na Suécia, na França, entre outros.	Concluem que, no Brasil, a ideia da coleta seletiva ainda é bastante recente e o processo de reciclagem existe somente para alguns tipos de baterias e pilhas, sendo que poucas empresas realizam.
Da Silva, Martins e Oliveira (2007)	Elucidam sobre a situação do <i>e-waste</i> no Brasil requer aprimoramentos quanto às iniciativas públicas, privadas e comunidades, principalmente com relação ao manejo seguro de produtos compostos por metais perigosos e à disponibilização da informação.	Reciclagem, reuso e a remanufatura de produtos ou componentes que usam pilhas e baterias podem ser uma opção ecológica e econômica, desde que a oferta e a demanda estejam em equilíbrio.
Reidler & Günther (2003)	Investigam os impactos sanitários e ambientais pelo descarte inadequado de pilhas e baterias com o resíduo sólido comum; pilhas portáteis e os metais pesados e a necessidade de atualização da legislação.	A coleta e a segregação, o tratamento e a disposição final de qualquer tipo de pilha e bateria são recomendáveis, para não ultrapassar a concentração de metais tóxicos, pois a insuficiência de estudos e pesquisas realizados e dados sobre o assunto é inconclusiva.

Continua...

Tabela 5 - Continuação.

Autor	Características	Conclusões
Mota, Nascimento e Peixoto (2012)	Discorrem sobre o avanço tecnológico e o aumento de equipamentos portáteis movidos a pilha e baterias e a falta de informação da sociedade sobre os danos ao meio ambiente e saúde.	A fiscalização de produtos que utilizam baterias e pilhas deve ser em tempo real. A única estrutura para coleta se destina às baterias de celulares. Fica a cargo do consumidor o dever de conhecer a lei, descobrir como proceder a devolução.
Geyer & Blass (2010)	O aterro de lixo eletrônico e equipamentos não são aceitáveis de uma forma geral. Para desviar da rota do aterro, devem-se ter ações voluntárias ou obrigações. A reciclagem consiste na recuperação de um número limitado de metais.	Os telefones celulares são um dos poucos produtos no mercado de reciclagem. Se o custo da logística reversa para tais equipamentos for mais baixo, os incentivos econômicos de fabricante se alinhará com o desempenho da reutilização.
Kemerich <i>et al.</i> (2012)	Identificam as formas de descarte de pilhas e baterias na cidade de Frederico Westphalen (RS) e fazem levantamento de dados sobre o conhecimento dos danos ocasionados por esses materiais.	A população de Frederico Westphalen (RS) consome pilhas do tipo comum e descarta, em sua maioria, no lixo doméstico. Não tem conhecimento sobre reciclagem, como os possíveis danos à saúde e ao meio ambiente.

Métodos de reciclagem

De acordo com dados de Suzaquim (2011), o processo geral para a reciclagem de baterias é formado pelas seguintes etapas:

1. Seleção dos produtos por semelhança de matéria-prima;
2. Corte de pilhas, em que o material que não pode ser reaproveitado segue para empresas que reciclam plástico;
3. Moagem — separação de metais, como o aço, que vão para empresas que os reciclam — neste processo, tem-se como produto o pó químico;
4. Reator químico — o pó químico sofre reações e forma diferentes compostos;
5. Filtragem e prensagem — ocorre uma nova separação de líquidos e sólidos;
6. Calcinador — forno no qual os elementos sólidos são aquecidos;
7. Nova moagem — feita outra moagem dos sólidos; e

8. Produto final — são obtidos óxidos metálicos e sais.

Conforme Espinosa & Tenório (2004), existem processos usados (Tabela 6) para a reciclagem de pilhas e baterias inservíveis que são denominados como rotas piro, hidro e mineralúrgicas.

Nem todos os tipos de processos conseguem realizar a reciclagem da bateria de Ni-Cd, por ser de custo elevado. A rota hidrometalúrgica é indicada para a recuperação de cádmio e níquel, mas também não é economicamente viável. Os materiais produzidos na reciclagem de bateria Ni-Cd são o cádmio, com pureza de 99,95%, o níquel e o Ferro, que são enviados para a fabricação de aço inoxidável (PROVAZI; ESPINOSA; TENÓRIO, 2012).

Em 1986, a Suíça formou a primeira unidade mundial de escala comercial para a reciclagem de pilhas de uso doméstico usadas. Em Berna, há uma usina que recupera a maior parte dos metais de uma forma comercializável e trata os líquidos e gases refugados. Em 1986, um decreto aprovado pelo governo suíço classificou as pilhas como rejeito especial e, em 1989, outro decreto,

também autorizado pelo governo, obrigava os varejistas a receber de volta as pilhas usadas, o que impulsionou pesquisas para encontrar um processo ecologicamente correto de disposição e reciclagem. O método utilizado atualmente consiste em:

1. As pilhas passam por um alto-forno, onde os componentes orgânicos são decompostos pelo calor e a maior parte do mercúrio evapora;
2. Os gases refugados são, então, completamente queimados num incinerador a 1.000/1.200 graus centígrados;
3. As partículas sólidas de óxido de zinco, óxido de ferro e carbono são retiradas por lavagem do gás quente, que é então refrigerado, e o mercúrio condensado. O mercúrio também é destilado da água da lavagem;
4. Os resíduos das pilhas queimadas são então despejados no forno de indução, onde os óxidos de zinco, ferro e manganês são fundidos a temperaturas entre 1.450/1.500 graus centígrados e reduzidos a suas formas metálicas;
5. Acrescenta-se carbono ao já presente em alguns eletrodos de pilhas, para atuar como agente reductor. O vapor metálico é recolhido para um condensador de zinco e os metais restantes princi-

palmente ferro, manganês, além de uma escória inerte com aparência de vidro, são continuamente drenados. (COELHO, 2008, p. 13-15)

Segundo a EPBA (2006), restringir a coleta e reciclagem aos três tipos de pilhas — óxido de mercúrio, níquel 1-cádmio (recarregável) e de chumbo-ácido (recarregável) — faz sentido porque eles contêm basicamente todos os materiais perigosos presentes nesses produtos. Essa restrição melhora a eficiência da coleta, simplifica os requisitos de separação de pilhas, maximiza a recuperação, simplifica a tecnologia de recuperação de materiais e minimiza custos, além de aumentar o valor comercial dos materiais recuperados.

Coletar e reciclar outros tipos de pilhas, além das mencionadas, não traz benefícios porque eles não têm quantidades significativas de materiais perigosos, e os outros materiais que os compõem têm baixo valor comercial em relação ao que seria despedido para sua recuperação. A Tabela 7 mostra algumas conclusões das rotas piro, hidro e mineralúrgicas utilizadas para baterias e pilhas inservíveis.

Tabela 6 - Tipos de processos de reciclagem de pilhas e baterias.

Processo de Reciclagem	Métodos	Principais vantagens e desvantagens
SUMITOMO (processo japonês)	Pirometalúrgico	Utilizado na reciclagem de todos os tipos de pilhas e baterias, menos as do tipo Ni-Cd (custo elevado).
RECYTEC (processo suíço)	Combina pirometalurgia, hidrometalurgia e mineralurgia	Todos os tipos de pilhas, lâmpadas fluorescentes e tubos diversos que com tenham mercúrio. Este processo não é utilizado para a reciclagem de baterias de Ni-Cd (alto custo).
ATECH	Mineralúrgico	Utilizado na reciclagem de todas as pilhas. (baixo custo).
SNAM-SAVAM (processo francês)	Pirometalúrgico	Recuperação de pilhas do tipo Ni-Cd.
SAB-NIFE (processo sueco)	Pirometalúrgico	Recuperação de pilhas do tipo Ni-Cd.
INMETCO (processo norte-americano)	Pirometalúrgico	Para pilhas Ni-Cd.
WAEELZ	Pirometalúrgico	Possível recuperar metais como Zn, Pb, Cd.

Tabela 7 - Conclusões sobre métodos de reciclagem de pilhas e baterias.

Autor	Principais características	Conclusões
Calgaro <i>et al.</i> (2012)	Destacam-se as baterias de íon-lítio utilizadas em celulares e a obsolescência destes produtos com o desenvolvimento de processos de reciclagem e recuperação. Ensaio de recuperação em hidrometalurgia e suas etapas físicas e mecânicas e separação granulométrica e membrana amiônica.	Os processos utilizados físicos e mecânicos obtiveram uma boa separação dos compostos e uma fração de LiCO_2 . A lixiviação consegue extrair CO e outros metais e por precipitação seletiva o lítio.
Silva (2010)	Pilhas e baterias usadas; resíduos perigosos e toxicologia forense. Os processos piro, hidro e mineralúrgico analisados e verificados quanto à contaminação que pode ocorrer no processo de reciclagem; componentes como Mn, Li, Zn, Cd, Pb e métodos de monitoramento.	O Mn deve ser guardado longe das fontes de calor e o lítio apresenta-se altamente inflamável e corrosivo. O Cd, Pb devem passar por processos de monitoramento visto a alta contaminação que podem ocasionar.
Georgi-Maschler <i>et al.</i> (2012)	Trabalho de investigação conjunta das baterias de íon portáteis e processos mecânicos com passos hidrometalúrgicos e pirometalúrgicos para a recuperação de cobalto e lítio de veículos elétricos.	A grande desvantagem do processo pirometalúrgico é o fato de que o lítio não pode ser recuperado, então, usa-se também a hidrometalurgia. O pré-tratamento exige combinação adequada para recuperação dos componentes da bateria de íon-lítio (híbrido) de veículos elétricos.
Espinosa, Bernardes e Tenório (2004)	Análise de métodos de reciclagem mineralúrgicos, pirometalúrgicos e hidrometalúrgicos para pilhas do tipo comum e baterias de ni-metal-hidreto e íons-lítio.	A elaboração de metas específicas de reciclagem associada a uma estrutura de gerenciamento e promoção de coleta. Necessário haver o desenvolvimento de novas baterias com maior facilidade de recuperação e menor quantidade de metais tóxicos.
Silva & Afonso (2008)	Apresenta a rota hidrometalúrgica para recuperação de elementos de pilhas de botão, baseados na lixiviação de componentes com ácido sulfúrico e ácido nítrico.	O processamento mostrou-se simples devido à presença de poucos elementos na formulação destes produtos. A dificuldade prática verificada nos processos foi a segurança ocupacional. Devem-se projetar pilhas mais facilmente recicláveis, pois, a pilha Li/MnO_2 não pode ser tratada junto com as demais por exigir prévia segregação.

Continua...

Tabela 7 - Continuação.

Autor	Principais características	Conclusões
Sullivan, Gaines e Burnham (2011)	Analisa o tipo mais prático de reciclagem para as baterias de níquel hidreto de metal e os produtos de íon-lítio.	Dados inconclusivos para esses tipos de baterias por serem de custo elevado e por não existir uma análise completa de seus ciclos de vida.
Li, Peng e Jiang (2011)	Percurso da reciclagem por Hidrometalurgia utilizando processos de lixiviação ácida, redução, purificação e coprecipitação em baterias compostas por Mn, Zn e Fe.	95% de Fe, Mn, Zn podem ser reciclados e com custo favorável. O método químico molhado, ou seja, a rota hidrometalúrgica, torna esses compostos químicos acessíveis durante a reciclagem e recuperação. Há benefícios ambientais e econômicos.
Mantuano (2011)	Compara as principais legislações e processos pirometalúrgicos e hidrometalúrgicos desenvolvidos e o circuito fechado da logística reversa.	Aponta como resultados positivos a rota Hidrometalúrgica por ser mais econômica e eficiente; consumir menos energia e possuir alta seletividade para os metais. O processo hidrometalúrgico promove a possibilidade de recuperação dos agentes lixiviantes e extratantes empregados sem emitir gases poluentes como acontece no processo pirometalúrgico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Indispensável se torna a organização do gerenciamento ambiental de pilhas e baterias no que comporta a coleta, a reutilização, a reciclagem, o transporte e o tratamento. Tal gerenciamento bem estruturado pode promover a formação de um sistema integrado e ecoeficiente, englobando a produção mais limpa, a qual estimula o desenvolvimento de novas tecnologias com processos inovadores e menos agressivos ao meio ambiente.

A Lei nº 12.305/2010, da PNRS, que dispõe sobre a responsabilidade compartilhada entre todos os envolvidos na cadeia de produção e consumo, tem a finalidade de acrescentar ao desenvolvimento do país a melhoria do modo de vida e a preservação dos recursos naturais.

A aplicação da logística reversa proporciona a preservação ambiental, por intermédio da economia de energia, diminui o descarte de produtos e reduz os custos

para as empresas, amenizando impactos negativos e o consumo indiscriminado de matérias primas, além de contribuir para o incremento da reutilização de materiais recuperáveis.

Aliada a uma boa estrutura de pontos de coleta ou canais reversos, com a informação e sensibilização da sociedade, a logística reversa pode vir a ser o meio de dirimir os riscos à saúde humana e ao meio natural.

No aspecto econômico, a reciclagem contribui para o uso mais racional dos recursos naturais e a reposição daqueles recursos que são passíveis de reaproveitamento. Nas empresas, a melhoria do gerenciamento do fluxo reverso de bens e serviços pode reduzir as perdas econômicas e preservar sua imagem corporativa. No âmbito social, a reciclagem gera trabalho e proporciona melhor qualidade de vida, pela melhoria ambiental que proporciona.

As rotas de métodos de reciclagem demonstram, ainda, que é necessário desenvolver novas tecnologias para que sejam aplicadas às mais variadas composições químicas de pilhas e baterias e com custos menores.

Também, diante da realidade do comércio mundial, em que a obsolescência dos produtos é rápida, derivada das exigências dos consumidores, a reciclagem deve ser vista como um meio de minimizar o esgotamento dos recursos naturais e de degradação do meio ambiente, e não somente como a solução das cadeias de produção. Ainda, Lima *et al.* (2008) alertam que:

Fundamental que a reciclagem seja percebida em toda a sua complexidade e não apenas como única e inquestionável alternativa. O principal enfoque da re-

ciclagem como instrumento para combate à crise ambiental deve ser dar muito menos do ponto de vista da mitigação do esgotamento de recursos, da economia, de energia ou redução de impactos. Seu grande valor está no potencial de sensibilização e mobilização dos indivíduos e coletividades em relação à necessidade de desenvolver uma visão crítica dos processos de produção e consumo. (LIMA *et al.*, 2008)

Portanto, pela observação e análise da pesquisa realizada quanto às questões intrínsecas que abordam os elementos ecoeficiência, logística reversa, reciclagem e seus processos, verifica-se que se apresentam como interdependentes e exigem, para o seu eficaz funcionamento, a elaboração e o desenvolvimento de novos projetos que priorizem significativamente integrar o social, o econômico e o ambiental.

REFERÊNCIAS

- ABINEE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA. Disponível em: <<http://www.abinee.org.br/searchr.htm?q=800+milhoes+de+pILHAS+FABRICADAS+NO+BRASIL&cx=017909629647798385020%3Ap8nn6ahbulo&siteurl=www.abinee.org.br%2F&ref=www.google.com.br%2F&ss=20113j14388079j53>>. Acesso em: 16 maio 2013.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR. 10.004: Resíduos sólidos – classificação*. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- AMARAL, A. C. N. Cooperação e responsabilidade do setor empresarial na reciclagem de lixo eletrônico. *FMU Direito-Revista Eletrônica*, v. 24, n. 34, p. 18-28, 2010.
- ANACLETO, C.; LOHNA, V. M.; CAMPOS, L. M. S.; MIGUEL, P. A. C. Ecoeficiência e Produção mais Limpa: uma análise das publicações em quatro periódicos brasileiros da engenharia de produção. *Sistemas & Gestão*, v. 7, n. 3, p. 476-489, 2012.
- BERNARDINI, C.; PAUL, C. R.; DUMKE, J. V. Projeto Pilhagudo: uma alternativa sustentável para a destinação de pilhas e baterias no Município de Agudo/RS. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 5, n. 5, p. 792-796, 2012.
- CALGARO, C. O.; ALBIERO, J. K.; MEILI, L.; ROSA, M. B.; BERTUOL, D. Recuperação de cobalto de baterias íon-lítio através da lixiviação ácida e eletro-obtenção. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 5, n. 5, p. 867-874, 2012.
- CÂMARA, S. C.; AFONSO, J. C.; SILVA, L. I. D.; DOMINGUES, N. N.; ALCOVER NETO, A. Simulação do intemperismo natural de pilhas zinco-carbono e alcalinas. *Química Nova*, v. 35, n. 1, p. 82-90, 2012.
- COELHO, R.M.P. *Definições básicas, tipologia e reciclagem de pilhas e baterias*. 2008. 26p. Disponível em: <<http://slideplayer.com.br/slide/345914/2008>>. Acesso em: 5 jun. 2013.
- CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. *Resolução nº 401/2008*, de 04 de novembro de 2008. Proposta de resolução que dispõe sobre pilhas e baterias. Status: Revoga a Resolução nº 257, de 1999. Alterada pela Resolução nº 424, de 2010. DOU nº 215, de 05 nov. 2008, p. 108-109.
- DA SILVA, B. D.; MARTINS, D. L.; OLIVEIRA, F. C. *Resíduos Eletroeletrônicos no Brasil*, Santo André, 2007. 59p.
- DEKKER, R.; BLOEMHOF, J.; MALLIDIS, I. Operations Research for green logistics – An overview of aspects, issues, contributions and challenges. *European Journal of Operational Research*, v. 219, n. 3, p. 671-679, 2012.

- DEMAJOROVIC, J.; HUERTAS, M. K. Z.; BOUERES, J. A.; SILVA, A. G.; SOTANO, A. SV. Reverse logistics: how do companies report the disposal of batteries and cell phones? *Revista de Administração de Empresas*, v. 52, n. 2, p. 165-178, 2012.
- ESPINOSA, D. & TENÓRIO, J.A. Reciclagem de baterias: análise da situação atual no Brasil. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, São Paulo, v.2, p.14-20, dez. 2004.
- ESPINOSA, D. C. R.; BERNARDES, A.M.; TENÓRIO, J. A. S. An overview on the current processes for the recycling of batteries. *Journal of Power Sources*, v. 135, n.1-2, p. 311 319, 2004.
- EUROPEAN PORTABLE BATTERY ASSOCIATION – EPBA. Position on the Proposed Prohibition of Nickel Cadmium Batteries, 2006. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02006L0066-20>>. Acesso em: 08 maio 2013.
- GAZANO, V. S. O.; DE CAMARGO, I. M. C.; FLUES, M. Contaminação de um solo por Cd, Mn, Pb E Zn provenientes de pilhas comuns do tipo zinco-carbono. *Águas Subterrâneas*, v. 1, p. 1-8, 2009.
- GEORGI-MASCHLER, T.; FRIEDRICH, B.; WEYHEB, R.; HEEGNC, H.; RUTZC, M. Development of a recycling process for Li-ion batteries. *Journal of Power Sources*, v. 207, p. 173-182, 2012.
- GEYER, R. & BLASS, V. D. The economics of cell phone reuse and recycling. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 47, n. 5-8, p. 515-525, 2010.
- GREENMOBILITY. *A GRI e suas diretrizes*. 2008. 28p. Disponível em: <<http://greenmobilitywordpress>>. Acesso em: 10 maio 2013.
- GRUPO-PÃO-DE-AÇÚCAR. Responsabilidade Socioambiental. 2010. Disponível em: <<http://aplicativos.paodeaucar.com.br/poo/sustentabilidade/?page=nossos-numeros>>. Acesso em: 09 maio 2013.
- GÜNTHER, W.M.R. *Contaminação ambiental por disposição inadequada de resíduos industriais contendo metais pesados: estudo de caso*. Tese (Doutorado em Saúde Ambiental). São Paulo: Universidade de São Paulo, 1998. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-29092014-111117/>>. Acesso em: 30 jun. 2016.
- KEMERICH, P. D. C.; MENDES, S. A.; VORPAGEL, T. H.; PIOVESAN, M. Descarte indevido de pilhas e baterias: a percepção do problema no Município de Frederico Westphalen-RS. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 8, n. 8, p. 1680-1688, 2012.
- LI, K.; PENG, C.; JIANG, K. The recycling of Mn–Zn ferrite wastes through a hydrometallurgical route. *Journal of Hazardous Materials*, v. 194, p. 79-84, 2011.
- LIMA, M. D. R.; PARDO, J. S.; CAMPOS, M. C.; GOMES, R. P.; FIGUEIREDO JUNIOR, A. *Logística Reversa: um interesse crescente*. 2008. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/artigos/economia-e-financas/logistica-reversa-um-interesse-crescente/21853/>>. Acesso em: 12 maio 2013.
- LORENE. 2011. Disponível em: <<http://www.lorene.com.br/processos/>>. Acesso em: 10 maio 2013.
- MANTUANO, D. P. Pilhas e baterias portáteis: legislação, processos de reciclagem e perspectivas. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, n. 21, p. 1-13, 2011.
- MOTA, S.; NASCIMENTO R. F.; PEIXOTO, M. C. Análise qualitativa da disposição de pilhas e baterias exauridas. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales*, v. 5, p. 1-10, 2012.
- MUNCK, L.; CELLA-DE-OLIVEIRA, F. A.; BANSI, A. C. Ecoeficiência: uma análise das metodologias de mensuração e seus respectivos indicadores. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, v. 5, n. 3, p. 1-17, 2012.
- PEREIRA, A. S.; WETZEL, A.; SANTANA, D. V. M. Logística reversa aplicada a resíduos eletroeletrônicos - estudo de caso. *VIII Convibra Administração – Congresso Virtual Brasileiro de Administração*, p. 1-17, 2010.

PROVAZI, K.; ESPINOSA, D. C. R.; TENÓRIO, J. A. S. Estudo eletroquímico da recuperação de metais de pilhas e de baterias descartadas após o uso. *Revista Escola de Minas*, v. 65, n. 3, p. 335-341, 2012.

PREFECTURADEBARCELONA. 2010. Disponível em: <ajuntament.barcelona.cat/ecologiaurbana/es/servicios/la-ciudad-funciona/mantenimiento-del-espacio-publico/gestion-de-limpeza-y-residuos/red-de-puntos-verdes>. Acesso em: 09 maio 2013.

REIDLER, N. M. V. L. & GÜNTHER, W. M. R. Impactos ambientais e sanitários causados por descarte inadequado de pilhas e baterias usadas. *Revista Limpeza Pública*, São Paulo, v. 60, p. 20-26, 2003.

RUIZ, M. R.; CHRISTOFOLETTI, R. A.; RUIZ, L. I. R.; SILVA, E. L. Desafios para o gerenciamento de pilhas e baterias pós-uso: proposição de projeto de lei sobre o e-lixo na cidade de Rio Claro-SP. *Revista Geas*, v. 1, n. 2, p. 32-52, 2012.

SELPIS, A. N.; CASTILHO, R. O.; ARAUJO, J. A. B. Logística reversa de resíduos eletroeletrônicos. *Tekhne e Logos*, v. 3, n. 2, 2012.

SEMA – SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO PARANÁ. Cartilha Desperdício Zero. 2008. 9p. Disponível em: <<http://www.meioambiente.pr.gov.br/search.php?query=pilhas+e+baterias&inst-bar-pesquisar-submit=&action=results>>. Acesso em: 08 maio 2013.

SILVA, C. N. & AFONSO, J. C. Processamento de pilhas do tipo botão. *Química Nova*, v. 31, n. 6, p. 1567-1572, 2008.

SILVA, A. P. M. & ROHLFS, D. B. Impactos à saúde humana e ao meio ambiente causados pelo descarte inadequado de pilhas e baterias usadas. Programa de Pós-graduação em Biociências Forense. Goiânia: PUC-Goiás, 2010. Disponível em: <<http://www.cpgls.pucgoias.edu.br/6mostra/artigos/SAUDE/ANA%20PAULA%20MENDES%20DA%20SILVA.pdf>>. Acesso em: 13 maio 2013.

SILVA, B. O; CÂMARA, S. C.; AFONSO, J. C.; NEUMANNE, R.; NETO, A. A. Série histórica da composição química de pilhas alcalinas e zinco-carbono fabricadas entre 1991 e 2009. *Química Nova*, v. 34, n. 5, p. 812-818, 2011.

SULLIVAN, J. L.; GAINES, L.; BURNHAM, A. Role of recycling in the life cycle of batteries. In: TMS 2011 ANNUAL MEETING AND EXHIBITION, MATERIALS PROCESSING AND ENERGY MATERIALS, 140. *Supplemental Proceedings...* Wiley-TMS, 2011. p. 25.

SUZAQUIM INDÚSTRIAS QUÍMICAS LTDA. Sistema de gestão Ambiental. Suzano: SUZAQUIM, 2011.

TENÓRIO, J.A.S. & ESPINOSA, D.C.R. *Reciclagem de Pilhas e Baterias*. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2010. p.1-8. Disponível em: <<http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsare/e/proypilas/pilas.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2011.

THOMAS, V. M. A universal code for environmental management of products. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 53, n. 7, p. 400-408, 2009.

UMICORE. 2011. Disponível em: <<http://www.umicore.com.br/nossosNegocios/recycling/pmr/baterias/reciclagembaterias.htm>>. Acesso em: 15 maio 2013.

UNES, B. & BENNETT, D. Green operations initiatives in the automotive industry. *Benchmarking: An International Journal*, v.17, n.3, p.396-420, 2010.

VIEIRA, K. N.; SOARES, T. O. R; SOARES, L. R. A Logística Reversa do Lixo Tecnológico: um estudo sobre o projeto de coleta de lâmpadas, pilhas e baterias da BRASKEM. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, v. 3, n. 3, p. 120-136, 2009.

WOLFF, E. & CONCEIÇÃO, S. V. Resíduos sólidos: a reciclagem de pilhas e baterias no Brasil. 2011. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2001_TR104_0146.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2013.

WBCSD – WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT. A eco-eficiência: criar mais valor com menos impacto. Lisboa: WBCSD, 2000.