ABES RBCiamb

EDIÇÃO 24

Junho/12

Revista Brasileira de Ciências Ambientais

ISSN Impresso 1808-4524 ISSN Eletrônico 2176-9478

Revista Brasileira Ciências Ambientais

www.ictr.org.br www.cepema.usp.br www.fsp.usp.br/siades

ISSN Impresso 1808-4524 / ISSN Eletrônico: 2176-9478

Junho de 2012 Nº 24

Expediente

Editores

• *Jorge Alberto Soares Tenório (USP)*
jtenorio@usp.br
• *Denise Crocce Romano Espinosa (USP)*
espinosa@usp.br
• *Valdir Fernandes (UP)*
vfernandes@up.edu.br

Secretaria Editorial
• *Soraia Fernandes*

Comissão Editorial

• *Andrea Moura Bernardes (UFRGS)*
• *Andrea Vidal Ferreira (CDTN)*
• *Arlindo Philippi Jr. (USP)*
• *Carlos Alberto Cioce Sampaio (UFPR)*
• *Celina Lopes Duarte (IPEN)*
• *Cláudio Augusto Oller do Nascimento (USP)*
• *José Roberto de Oliveira (IFES)*
• *Maria do Carmo Sobral (UFPE)*
• *Sérgio Martins (UFSC)*
• *Tadeu Fabrício Malheiros (USP)*

Submissão de artigos, dúvidas e sugestões:
rbciamb@gmail.com

Instruções para autores
http://www.rbciamb.com.br/instrucoes.asp

ICTR - Instituto de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável

Presidente: Sabetai Calderoni
Vice-Presidente: Geraldo D. Costa Viana Junior

Conselho Fiscal
Titulares
Edelita Santos Barcellos Cardozo
José Augusto Lopes Herane
Tairi Tonon Gomes

Suplentes
Sergio Higuchi Bandeira
Lavínia Pécora
Victor Sette Gripp

Diretor Executivo: Geraldo D. Costa Viana Junior
Diretor de Pesquisas: David Pennington
Diretor de Ensino: Flavio Braz Pires
Diretor de Eventos: Ricardo Calderoni
Diretor Editorial: Jorge Alberto Soares Tenório
Diretor de Des. Institucional: Sergio Antonio Nechar

Revista Brasileira Ciências Ambientais

www.ictr.org.br www.cepema.usp.br www.fsp.usp.br/siades

ISSN Impresso 1808-4524 / ISSN Eletrônico 2176-9478

Junho de 2012 Nº 24

Índice

01
Qualidade do recurso hídrico do Córrego André, Mirassol D'Oeste, MT
Rosália Valençoela Gomes Barros
Célia Alves de Souza

17
Uma análise da produção mais limpa no Brasil
Graciane Regina Pereira
Fernando Soares Pinto Sant'Anna

27
Rejeitos radioativos de baixo e médio nível: levantamento da variação de volume Armazenado e disposto
Vinícius V. M. Ferreira
Bruna L. Aleixo
Bárbara M. A. Ulhoa
Valeria Cuccia

37
Análise da avaliação de desempenho do sistema de gestão ambiental (ISO 14001) de usina hidrelétrica: relação empresa-comunidades do entorno
Ângela do Céu Ubaiara Brito
Alan Cavalcanti da Cunha
Helenilza Ferreira Albuquerque Cunha

54
Efeito da fertirrigação combinado com a adubação mineral e orgânica sobre as propriedades químicas do solo
Liliana Pena Naval
Fued Abrão Junior
Daniel Vidal Pérez

62
Avaliação da regeneração natural da vegetação em área recuperada com biossólido
Talita Iatski da Silveira
Leila Teresinha Maranho

74
Auditoria ambiental compulsória: diretrizes para a realização de auditoria de segurança ocupacional no contexto da gestão ambiental
Jean Carlos Padilha
Celimar Azambuja Teixeira
André Nagalli

Qualidade do recurso hídrico do Córrego André, Mirassol D'Oeste, MT

Quality of the water resources of the André Stream, Mirassol D'Oeste, MT

RESUMO

A presente pesquisa foi realizada na sub-bacia hidrográfica do córrego André em Mirassol D'Oeste – MT, com objetivo de verificar a qualidade da água do córrego quanto ao índice de qualidade de água (IQA) e ao uso do solo. A análise de IQA do córrego André demonstra perda progressiva da qualidade da água da nascente para a foz, relacionado ao uso do solo da bacia hidrográfica. De acordo com a análise estatística de Cluster pode-se observar que ocorreu a formação de 4 grupos de pontos com maior proximidade entre si. Os pontos 1 e 2 apresentaram características semelhantes nos períodos de cheia e de seca. O ponto 2 foi semelhante ao ponto 4, no período de cheia. O ponto 3, na estiagem assemelhou-se ao ponto 5 na cheia. Os pontos 4 e 5 apresentaram maior similaridade no período de estiagem.

PALAVRAS-CHAVE: qualidade da água, uso do solo, sub-bacia hidrográfica

ABSTRACT

This research was conducted at André subbasin in Mirassol D'Oeste – MT, in order to verify the quality of the stream water. It was verified the Water Quality Index (WQI) and the land use. The analysis showed that WQI of André stream presents progressive loss of its water quality from the spring to the mouth, associated with the land use of the watershed. According to Cluster analysis, it was observed that four groups of points were formed closer to each other. The points 1 and 2 had similar characteristics in the high water period as in the dry period. The point 2 was similar to point 4 in the high water period. The point 3 in the dry was similar to point 5 in the high water period. The points 4 and 5 showed greater similarity in the dry period.

KEYWORDS: Water Quality, land use, sub-basin

Rosália Valençoela Gomes Barros

Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade do Estado de Mato Grosso. Servidora pública da prefeitura de Marcelândia, MT, Brasil

rosaliavalencoela@hotmail.com

Célia Alves de Souza

Doutora em Geografia pela UFRJ, Professora Adjunta no Departamento de Geografia na Universidade do Estado de Mato Grosso, MT, Brasil

celiaalvesgeo@globo.com

INTRODUÇÃO

O estudo foi realizado no município de Mirassol D' Oeste que teve seu processo de ocupação espacial da década de 70 vinculado aos fluxos migratórios, que contribuíram para modificar a paisagem natural da sub- bacia hidrográfica do córrego André.

Como o desenvolvimento econômico tem sido caracterizado pelo constante uso dos recursos naturais sem a ausência de planejamento Vanzela et al. (2010) é importante realizar um levantamento das características socioambientais e dos usos de uma determinada região para o conhecimento de suas potencialidades e fragilidades ambientais e sociais.

Nesse contexto, enquadram-se os estudos relativos aos recursos naturais, aos atores sociais e às diversas atividades realizadas (TUNDISI, 2002). Nos projetos de restauração dos recursos hídricos, principalmente em área urbana, devem incluir a sociedade em todas as fases do processo, incluindo a concepção, implantação, gestão e monitoramento (BOOTH et. al., 2004).

A água é um dos mais importantes recursos naturais de que a sociedade dispõe, sendo indispensável para a sua sobrevivência. Dentre os vários usos da água doce, destacam-se aqueles empregados para abastecimento humano e industrial, irrigação, geração de energia elétrica, navegação, preservação da flora e fauna, aquicultura e recreação. Desses usos, o abastecimento humano é considerado prioritário (FREITAS, 2000).

A qualidade da água depende das condições naturais e da ocupação do solo na bacia hidrográfica. Não há um indicador de qualidade de água único e padronizável para qualquer sistema hídrico. Uma forma de avaliar objetivamente essas variações é a combinação de parâmetros de diferentes dimensões, em índices que os reflitam conjuntamente em uma distribuição amostral no espaço e no tempo (TOLEDO e NICOLELLA, 2004). Uma das formas de avaliar a qualidade da água urbana é dada pelos parâmetros que caracterizam a poluição orgânica e a quantidade de metais (SCHUELLER, 1987).

A urbanização provoca perda da qualidade das águas superficiais, com aumento da carga de sedimentos provocada principalmente pela falta de proteção do solo, somado ao lançamento de resíduos sólidos e esgoto no sistema de drenagem (BREGUNCE et. al. 2011). Os problemas relativos à qualidade da água agravam em decorrência do efeito acumulativo gerado pelo crescimento populacional desordenado e pela falta de planejamento nas cidades (VASCONCELOS e SOUZA, 2011).

Diversos índices foram desenvolvidos com base em características físico-químicas da água ou a partir de indicadores biológicos, cabendo ajustes nos pesos e parâmetros para adequação à realidade regional. Usualmente, estes IQAs (Índice de Qualidade das águas) são baseados em poucas variáveis Gergel et. al. (2002), cuja definição deve refletir as alterações potenciais ou efetivas, naturais ou antrópicas que a água sofre (TOLEDO e NICOLELLA, 2004).

A água pode ser degradada pela presença de detritos, nutrientes, micro-organismos, pesticidas, metais pesados e sedimentos (LIU et. al., 2003). A retirada da cobertura vegetal ciliar dos rios, a intensa implementação da agropecuária e o lançamento de efluentes domésticos e industriais são as principais interferências negativas sobre os ecossistemas aquáticos, acarretando processos de contaminação, eutrofização e interferência nos padrões de qualidade dos corpos d'água que abastecem cidades (FARIA e CAVINATTO, 2000).

Desta forma, de maneira geral, os índices e indicadores ambientais surgiram como resultado da crescente preocupação social com os aspectos sociais do desenvolvimento, processo este que requer um número maior de informações, em grau de complexidade, também cada vez maiores. Por outro lado os indicadores tornaram-se fundamentais nos processos decisórios de políticas públicas e no acompanhamento de seus efeitos (VON SPERLING, 1996).

Neste contexto, o principal objetivo deste estudo foi analisar o recurso hídrico do córrego André, Município de Mirassol D'Oeste, Mato Grosso, entre o período de junho de 2008 a fevereiro de 2010. Os resultados foram correlacionados com o uso do solo ao longo do córrego, verificando as alterações devido aos diferentes tipos de ocupação nesta área.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi desenvolvido na sub-bacia hidrográfica do córrego André, possui área de 18 km² e o comprimento do canal é de 4 km. Localizado no município de Mirassol D'Oeste a sudoeste do estado Mato Grosso, entre os paralelos 15°40'20'' a 15°42'20'' de latitude sul e 58°02'10'' a 58º08'05'' de longitude oeste de *Greenwich,* à aproximadamente 260 metros acima do nível do mar (Figura 1). O córrego André é um tributário de 2ª ordem do rio São Francisco, que deságua no ribeirão Caeté, um dos principais afluentes do rio Jauru que aflui no rio Paraguai.

Sua drenagem tem o sentido SE-NO, seu canal fluvial atravessa pontos importantes com sítios e áreas urbanas. A sub-bacia hidrográfica contém os principais bairros da cidade, entre eles o Bairro Jardim São Paulo, COHAB Parque da Serra e Bairro Bandeirantes 2.

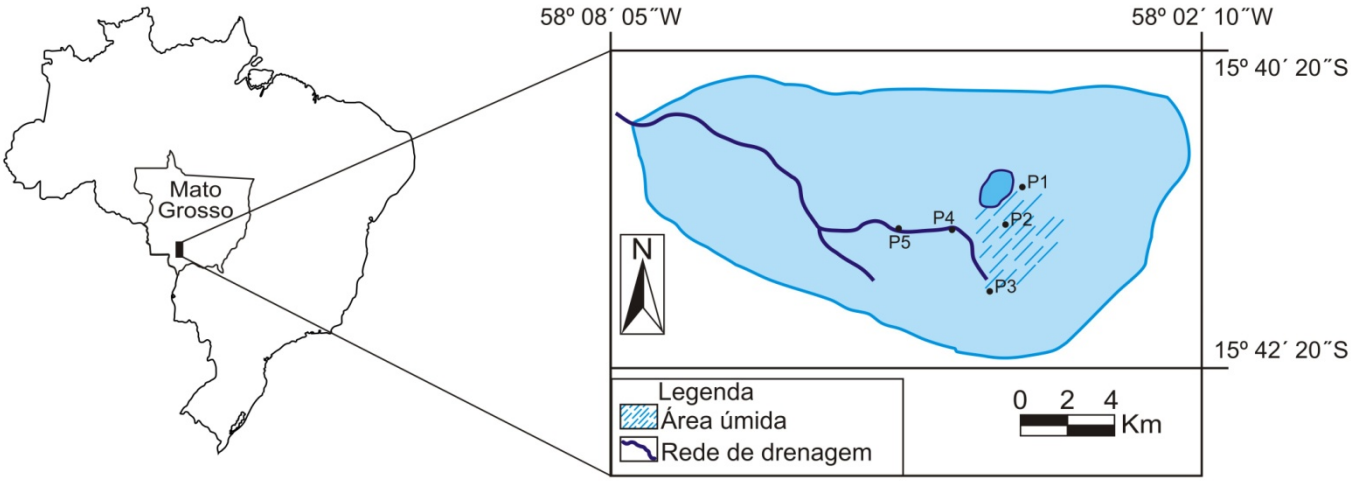


Figura 01 - Localização da sub-bacia Hidrográfica do córrego André, Município de Mirassol D'Oeste-MT.

Tabela 01 - Classificação do IQA

Categorias	Ponderação
Ótima	79<IQA ≤
Boa	51<IQA ≤
Regular	36< IQA ≤
Ruim	19<IQA ≤
Péssima	IQA ≤

A classificação climática para a região, segundo Köeppen, é do tipo tropical quente e sub-úmido, com temperatura anual entre 24° e 36°. A precipitação anual é de 1.500 mm (SEPLAN, 2009).

As nascentes do córrego André encontram-se em área movimentada, extensão da Província Serrana (dobramentos antigos) geologicamente inserida no Grupo Alto Paraguai (Formação Araras, Formação Moenda) e o Complexo Xingu.

As principais classes de solos presentes são: Neossolos Litólicos Distróficos e Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico. A vegetação remanescente compreende principalmente Florestas Estacionais Submontana, sendo contato florístico de ecótono de cerrado com floresta estacional semidecidual submontana (SEPLAN, 2009).

Coleta e análise da água

Para melhor analisar aspectos da rede de drenagem e investigar possíveis relações entre qualidade da água e uso do solo, a sub-bacia do córrego André foi dividida em cinco pontos, desde as nascentes do córrego André até sua saída na cidade de Mirassol D'Oeste. Para determinação das coordenadas de cada ponto foi utilizado o receptor do Sistema de Posicionamento Global GPS Garmin 38. Os critérios para escolha dos locais de coleta levaram em consideração o uso e ocupação do solo e diversidade de paisagens.

As amostras de água foram coletadas nos primeiros 30 cm da lamina d'água durante o período de estiagem no mês de Junho de 2008 e no período das chuvas, março de 2009 e fevereiro de 2010, em cinco trechos do córrego: o primeiro (P1) localiza-se em uma represa na área de expansão urbana (15° 40'31'' e 58°04'44''); o segundo (P2) em um tanque de piscicultura (15° 41'56'' e 58°05'38''); o terceiro (P3) em nascentes urbanas (15°40'59'' e 58°05'28''); o quarto (P4) córrego canalizado em área urbana (15°41'04" e 58°05'61"); e o quinto ponto (P5) abaixo de uma ponte no Bairro Bandeirantes II (15°40'52'' e 58°06'01'').

As amostras de água foram coletadas em frasco de polietileno com capacidade aproximada de 300 ml. No campo foram analisadas a temperatura da água com termômetro digital em horário das 9:00 às 11:00 horas.

As análises experimentais foram realizadas no Laboratório de saneamento: Análises químicas e controle de qualidade de águas-Analítica, localizado em Cuiabá. Nas análises laboratoriais as amostras foram avaliadas através dos

Tabela 2. Descrição das variáveis utilizadas no IQA

Variáveis	Descrição	Indicação	Unidade
DBO	É a quantidade de oxigênio consumida	Indica a quantidade de matéria orgânica biodegradável presente	mgL^{-1}
pH	Medida da concentração dos íons de hidrogênio numa solução	Pode indicar a presença de poluição,	Escala de 0 a 14
Turbidez	Expressa propriedades de transmissão da luz de uma solução	Reflete a penetração da luz ou transparência da água	UNT
Nitrogênio e Fósforo	São representados por nitratos, nitritos, amônia, fosfatos e outros	Importantes na produção primáriaão de organismos aquáticos	mgL^{-1}
OD	Expressa a quantidade de oxigênio dissolvido na água	Fundamental para a sobrevivência de comunidades aquáticas	mgL^{-1}
Sólidos Totais	Possuem características físicas (suspensos/ dissolvidos) e químicas (orgânicos / inorgânicos).	Toda a matéria que permanece como resíduo na água	mgL^{-1}
Coliformes Fecais	Constituem o indicador de contaminação fecal mais comum	Parâmetro usado na caracterização e avaliação da qualidade das águas	(UFC/100ml)
Temperatura	Pode influir nas atividades biológicas, absorção de oxigênio e precipitação de compostos	Quando elevada, resulta na perda de gases pela água, gerando odores e desequilíbrios	C°

métodos analíticos baseados no *Standard Methods for Examinations of Water and Wastewater* (APHA, 1998).

Para as variáveis turbidez e oxigênio dissolvido na água foi aplicada análise de correlação de Pearson ($p<0,05$).

Índice de Qualidade de Água (IQA)

Os valores finais do IQA são expressos em categorias de qualidade e podem ser representados por cores, facilitando a interpretação dos resultados. Os valores do índice (IQA) variam entre 0 e 100 (Tabela 1), e conforme o seu valor reflete a interferência por esgotos sanitários e outros materiais orgânicos, nutrientes e sólidos.

A partir da coleta e análise da água foi realizada a análise de IQA, o qual consiste em um índice desenvolvido pela *National Sanitation Foundation*, USA. Para cálculo do IQA usa-se a fórmula multiplicativa cuja expressão é:

$$IQA = \prod_{i=1}^{9} q_i^{w_i}$$

Sendo: IQA= Índice da qualidade da água

qi = qualidade do parâmetro i obtido através da curva média específica

wi = peso atribuído ao parâmetro, em função de sua importância na qualidade.

Variáveis Analisadas no IQA

As Variáveis usadas para calcular o IQA foram:

Variáveis físicas: Turbidez e Temperatura.

Variáveis químicas: DBO; pH; Oxigênio; Nitrogênio e Fósforo Total

Variáveis biológicas: Coliformes Fecais (Tabela 2).

Análise Estatística

A análise de Cluster, com distância Euclideana, foi realizada no intuito de relacionar cada ponto de amostragem com os períodos estudados, de acordo com suas variáveis tomadas em campo. Esta análise foi realizada comparando os aspectos hídricos dos 5 pontos amostrados em cada período estudado para obter resultados da similaridade espacial e temporal.

Para análise de Cluster foi utilizado o programa Systat versão 13.

Levantamento do uso do solo

O levantamento do uso do solo da sub-bacia do córrego André constou das seguintes etapas: delimitação da área de interesse; consulta a planta cadastral municipal da cidade de Mirassol D'Oeste; dados do IBGE - Censo Demográfico de 2009; e trabalho de campo.

Para realização do trabalho de campo, a bacia hidrográfica foi dividida em três trechos de acordo com ocupação do solo, procedendo à observação, descrição (caderneta) e coletas de amostras.

Para identificação do uso atual da área de estudo, realizou-se trabalho de campo, que é uma "possibilidade de conseguir não só uma aproximação com aquilo que se deseja conhecer e estudar, mas também de criar um conhecimento, partindo da realidade presente no campo" (CRUZ NETO, 1994, p. 51). Desse modo, em campo fez-se uso da técnica de observação, pois esta possibilita "um contato pessoal e

Tabela 03 – Descrição dos pontos que foram coletadas as amostras

LOCAL	DESCRIÇÃO
Ponto 1	Área de expansão urbana (áreas com nascentes, represas e pastagens)
Ponto 2	Área de expansão urbana (cultivo de hortas, criação de suínos, cultivo de pastagens e tanques de piscicultura)
Ponto 3	Nascente na área urbana
Ponto 4	Trecho do córrego canalizado, sendo lançado esgoto sem tratamento na calha (possui residências, lojas comerciais e oficinas)
Ponto 5	Segmento do canal à jusante da área canalizada

estreito do pesquisador com o fenômeno pesquisado" (LUDKE e ANDRÉ, 1986, p. 26).

A ocupação no município de Mirassol do Oeste iniciou na década de 50, período que ocorreu incentivos aos programas de colonização estimulados pelo governo de Mato Grosso. Colonos vindos principalmente do Estado de São Paulo chegaram à região no início da década de sessenta, à procura de terras e madeira de lei, em abundância na região, mais notadamente o mogno e a cerejeira, cujo extrativismo dava lucro imediato, suavizando a tomada de posse efetuada pelos intrépidos desbravadores (AVELINO, 1999).

A ocupação espacial originou em função do movimento de colonização promovido pelos governos Federais e Estaduais no início da década de 1940, com a criação do Departamento de Terra e a Comissão de Planejamento e Produção (CPP). O governo estadual vendia a terra à colonizadora por menor valor e, em contrapartida teria que abrir estradas (MORENO e HIGA, 2004).

Segundo Neto e Leite (2005) ocorreram dois processos distintos de colonização que resultaram na estruturação do espaço mato-grossense: através de iniciativas privadas, sem a intervenção direta de políticas governamentais, que tiveram como fase a mineração e as fortificações no século XVIII, a pecuária extensiva no século XIX, e o início da modernização de algumas áreas produtivas a partir da década de 1940; e a reestruturação por políticas governamentais, através dos projetos de colonização implantados pelo governo na década de 1970.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uso e Ocupação do Solo na área de estudo

A ocupação da sub-bacia do córrego André configura-se em uma região de uso misto, podendo ser dividida geograficamente em três trechos: no primeiro trecho localiza-se a área de vegetação esparsa e área de mineração (extração de calcário).

O segundo trecho, que corresponde aos pontos 1 e 2 de amostragens, encontra-se na área de expansão urbana da cidade de Mirassol D'Oeste, com sítios, conjuntos habitacionais e bairros residenciais. O córrego André corre em seu leito natural, mas sofre influência da ação humana tais, como: desvio de fluxo para abastecer tanques de piscicultura; barramento do fluxo para construção de represas, destinado a ***dessedentação*** de ***animais*** (porcos, aves e gados); e uso de água para irrigação de hortaliças. Observou-se, também, que os efluentes gerados nas residências e chácaras são lançados diretamente no córrego sem tratamento.

O terceiro trecho abrange o setor urbano, ocupado por comércios e residências e; corresponde aos pontos de amostragens 3, 4 e 5. Estes locais são alvo de obras de drenagem e pavimentação, e o córrego corre em canal canalizado aberto. As laterais do canal foram aterradas, dificultando a infiltração da água no período chuvoso. Nestes pontos são lançados diretamente no leito esgoto domésticos e resíduos de óleos e graxas provenientes das oficinas mecânicas. No ponto de amostragem 3, no período chuvoso, algumas nascentes que abastecem o canal principal foram aterradas, ocasionando a sua extinção e/ou migração.

Qualidade da água

Os pontos de amostragens P1 (represa) e P2 (tanque de piscicultura) representam a região de expansão urbana, localizados ao norte da sub-bacia. Os pontos de amostragens P3 (nascente), P4 (leito canalizado) e P5 (ponte no Bairro Bandeirantes II) (Figura 2 e Tabela 3), localizam-se na região urbana da cidade de Mirassol D'Oeste, onde a urbanização se consolidou as margens do córrego.

Variáveis Avaliadas

Para verificar a qualidade da água do córrego André, foram analisadas as seguintes variáveis (pH, turbidez, fósforo total, DBO, nitrogênio total, oxigênio dissolvido, sólidos totais, coliformes fecais e temperatura) nos pontos de amostragens ao longo do perfil longitudinal, no período de estiagem e chuvoso (Tabela 4).

Figura 02 - Imagens ilustrativas dos pontos amostrados para as análises de água do córrego André, Junho de 2008-Fevereiro de 2010.

Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO

Valores elevados de DBO foram identificados na estação seca a partir do ponto de amostragem 1. Tais valores estão relacionados com a carga de efluentes domésticos e industriais e com a baixa vazão do córrego na seca, pois a atividade auto-depurativa é diminuída neste período. Os teores de DBO nos pontos estudados apresentaram oscilações entre máximos e mínimos na ordem de 12,0 e 16,0 mgL^{-1}na seca, com exceção do ponto 3 (nascente) e 2,5 e 3,0 0 mgL^{-1}na chuva. Os valores de DBO na seca estiveram fora dos padrões de referência da Resolução CONAMA 357/05, que é de até 5,00 mgL^{-1}, para a classe 2.

Thebaldi et. al. (2011) avaliaram a qualidade da água de um córrego e obtiveram concentrações de DBO, superiores aos do córrego André. O estudo realizado por Klepka (2011), na bacia do Rio Pirapó refere-se a perda da qualidade da água, relacionado a própria a estrutura e funcionamento dos ecossistemas envolvidos e as atividades humanas não planejadas, com ausência de tratamento adequado para efluentes.

Benetti (2005) afirmou que águas poluídas apresentam DBO

Tabela 04- Resultado das análises de água nos pontos de amostragens do córrego André nos períodos de seca e de chuva

Variáveis	CONAMA 357/05*	Período									
		Seca					Chuva				
		P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
pH	6,0 a 9,0	7,84	7,86	6,16	7,40	7,39	7,49	7,46	7,47	7,25	7,09
Turbidez NTU	≤ 100,0	39,5	37,3	4,23	75,5	23,9	83,2	17,7	56,1	60,0	60,5
Fósforo Total mgL^{-1}	0,050 mgL^{-1}	0,67	0,40	0,80	0,55	0,88	0,27	0,03	0,13	0,23	0,15
DBO mgL^{-1}	≤ 5,0	16,0	12,0	3,5	15,0	14,0	3,0	2,5	2,5	2,5	2,5
Nitrogênio Total mgL^{-1}	—	7,8	6,2	0,9	4,4	9,0	1,04	0,47	2,13	1,09	1,18
Oxigênio Dissolvido mgL^{-1}	> 5,0	3,2	2,9	5,6	4,9	3,7	3,21	1,07	2,15	3,04	3,19
Sólidos Totais mgL^{-1}	500	282,0	332,0	252,0	418,0	276,0	311,0	420,0	330,0	610,0	218,0
Coliformes Fecais UFC/100mL	—	$7,4x10^2$	$9,0x10^2$	$1,8x10^2$	$6,0 x10^2$	$5,0x10^2$	$9,0x10^2$	$1,2 x10^3$	$3,3 x10^2$	$1,0 x10^3$	$2,0 x 10^2$
Temperatura °C	—	27º	28º	28º	29º	30º	29,6°	29,3°	29,5°	29,5°	30,0°

Valores para águas doces de classe 2- Resolução CONAMA 357/05.

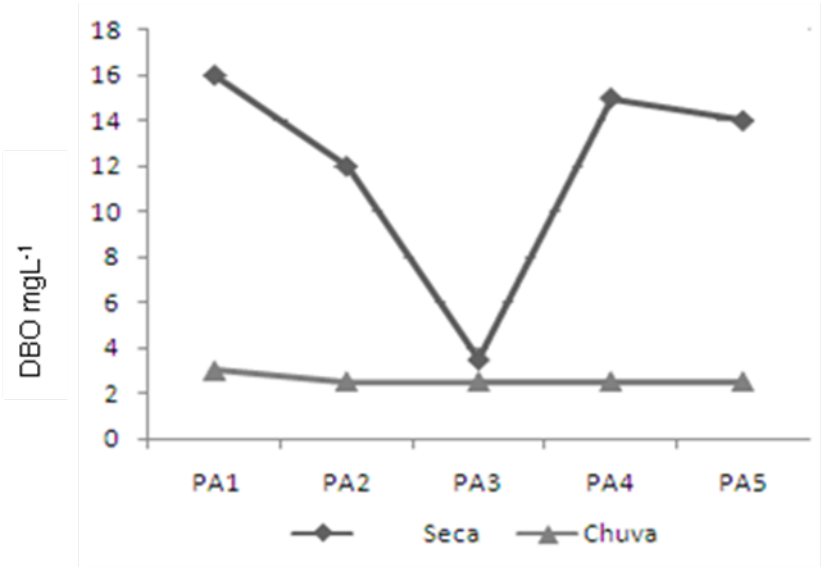


Figura 03 - Variação da Demanda Bioquímica de oxigênio no córrego 2008/2010

maior que 10 0 mgL^{-1}, e que altos índices podem gerar a diminuição e até a eliminação do oxigênio presente nas águas gerando alterações substanciais no ecossistema. Nessas condições, os processos aeróbicos de degradação orgânica podem ser substituídos pelos anaeróbicos, ocasionando eutrofização e inclusive extinção das formas de vida aeróbicas.

De maneira geral, pode-se dizer que os níveis de DBO sofreram alteração condicionada principalmente ao ciclo hidrológico, apresentando valores baixos no período de cheia e elevados no período de seca (Figura 3).

Oxigênio Dissolvido – O.D

O Oxigênio Dissolvido, analisado na estação seca e na estação chuvosa nos pontos

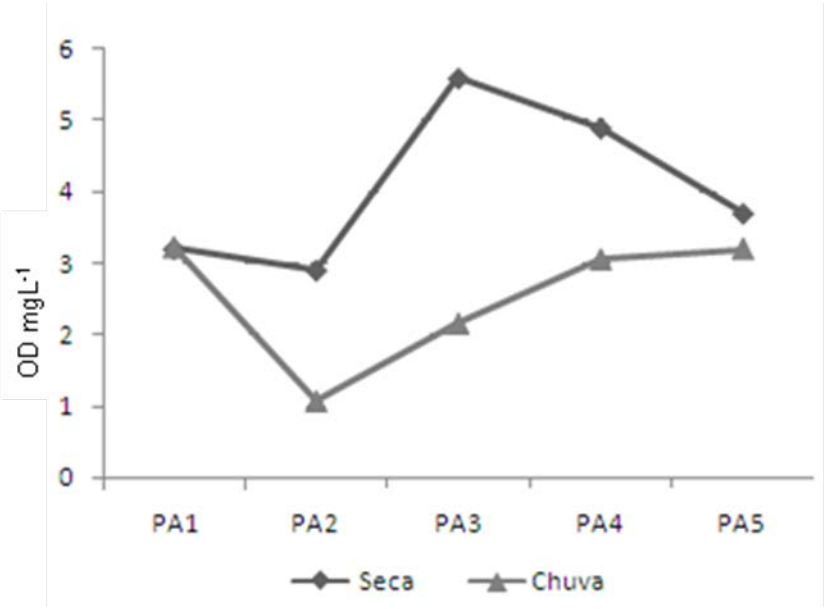


Figura 04 - Variação do Oxigênio Dissolvido no córrego André em Mirassol D'Oeste-MT. 2008/2010.

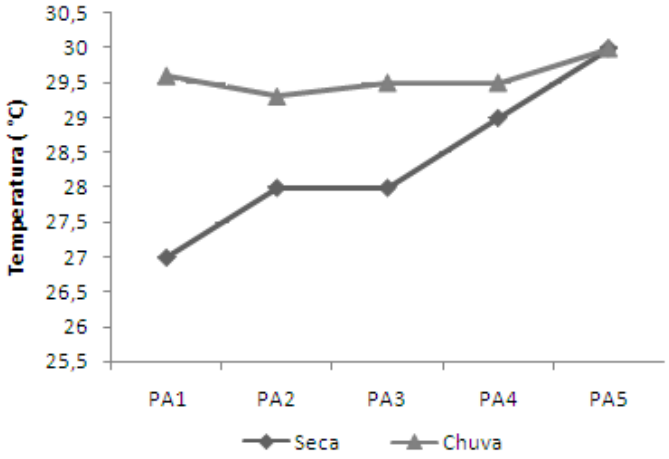


Figura 05 - Variação da Temperatura da água no período da seca e de chuva.

amostrais, apresentou variação de 1,07 a 4,90 mgL^{-1} (Figura 4), não apresentando concordância com os valores de referência do CONAMA-Resolução 357/2005, para águas de classe 2 (>5,00 mgL^{-1}). No ponto 5 há evidências de contaminação por esgotos domésticos. Somente no ponto 3, o valor apresentado esteve em concordância (5,60 mgL^{-1}). A elevação dos valores desta variável no ponto 3 é resultante do fluxo da água das nascentes deste local.

Os baixos valores de O.D indicaram que a água sofre um aporte contínuo de material orgânico biodegradável, com a consequente depleção dos níveis de oxigênio dissolvido. Tal fato pode estar relacionado com a deposição de animais mortos no canal, lançamento de esgoto doméstico e alta DBO.

Em mananciais superficiais onde não há poluição, o O.D deve apresentar valores não inferiores a 6,0 mgL^{-1}. Os valores encontrados evidenciam que o córrego André se encontra fora dos padrões de qualidade, atingindo valores mínimos de até 1,070 mgL^{-1}.

Santos et. al. (2011) avaliaram a qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Japaratuba. Nas análises de OD encontraram valores entre 1,5 a 9,8 mg L^{-1} predominando valor médio superior a 5,0 mg L^{-1}. Sendo superiores aos valores encontrados no córrego André.

Temperatura da Água

A temperatura da água do córrego André, nos pontos amostrais apresentou variação de acordo com a temperatura do ar, com menores valores na seca, no mês de Junho com 27,0°C e maiores valores na chuva, em março (30,0°C). Observou-se uma

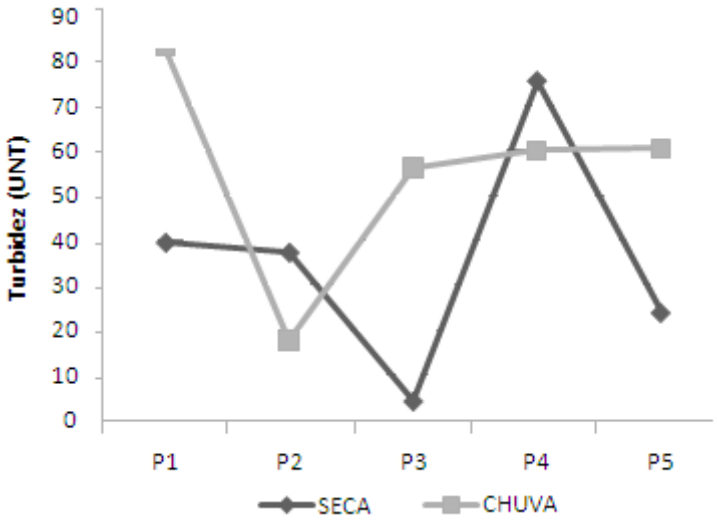


Figura 06 - Variação da Turbidez da água do córrego André no período da seca e de chuva

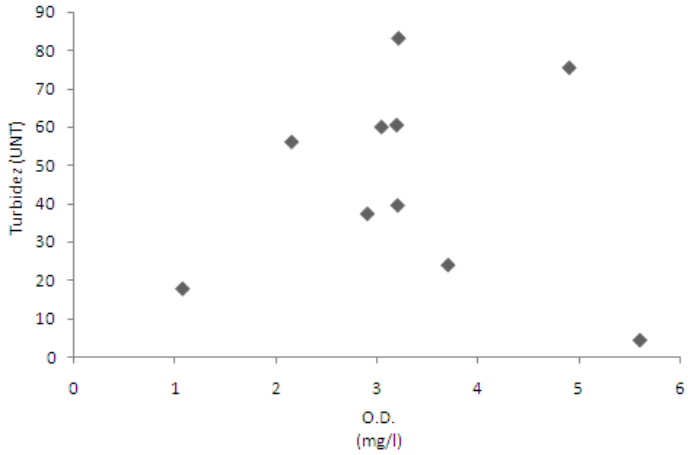


Figura 07- Correlação entre Turbidez e Oxigênio dissolvido.

tendência de aumento de montante à jusante (Figura 5).

Vasco et. al. (2011) tiveram na sub-bacia do rio Poxim a temperatura média da água, que variou de 26°C a 28ºC no período seco, enquanto que, no período chuvoso, variou de 23,5ºC a 25ºC. Na sub-bacia do córrego André a temperatura média da água variou entre 27ºC a 30ºC, essa variação expressa a temperatura do ar de cada região.

De maneira geral a temperatura da água do córrego André apresentou valores mais altos quando comparados com outros corpos d'água no estado do Mato Grosso. Souza et al. (2008) ao realizar um monitoramento da água da micro-bacia do Queima-pé em Tangará da Serra-MT, encontrou variação de temperatura de 20,0°C a 23,0°C para o período chuvoso. Moreira (2007) encontrou variação de temperatura entre 21,6°C e 26,7°C no rio Correntes, Piquiri- MT.

A elevação de temperatura da água no córrego André pode estar associada à retirada da vegetação ciliar. Segundo Guereschi e Fonseca-Gessner (2000), o grau de sombreamento provocado pela mata ciliar, é um fator que pode determinar a temperatura de um corpo d'água. Outro fator que pode ter influenciado na alta temperatura da água é a alteração da dinâmica natural do córrego (canalização).

Turbidez

Os pontos estudados apresentaram valores de turbidez menores que o limite máximo aceitável para as águas de classe 2 (100,0 UNT) (Figura 6).

Constata-se que no período chuvoso as águas que circulam no córrego André apresentam maiores quantidades de sólidos suspensos e que misturadas às águas oriundas de esgotos resultam em maior turbidez.

O maior valor de turbidez foi identificado no período da chuva com 83,2 UNT no ponto 1 (represa), localizada no alto curso da bacia, onde o uso predominante é a pecuária. A sedimentação

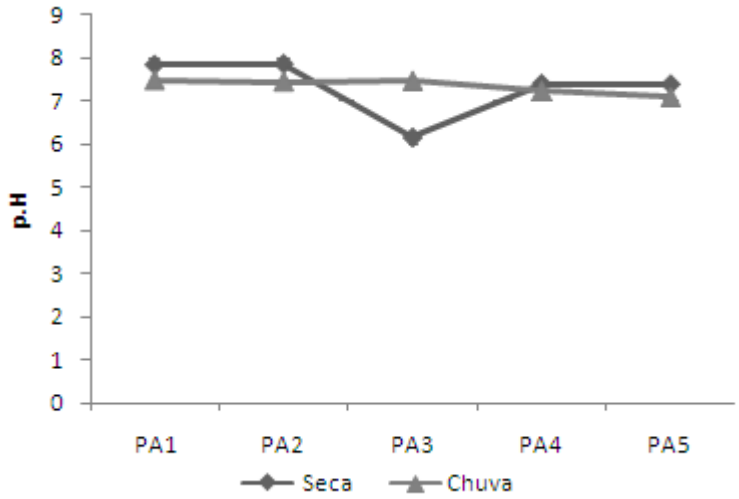


Figura 08 - Variação do pH no córrego André em Mirassol D'Oeste – MT 2008/2010.

ocasionada pelo pisoteio do gado ocorre de forma lenta, não alterando demasiadamente a turbidez.

No período da seca, no P4 ocorreu a maior elevação da turbidez 75,5 UNT. Estes resultados estão associados à presença de materiais em suspensão (óleos, graxas e efluentes domésticos) provenientes das oficinas e residências no entorno dos pontos 4 e 5.

Vasco et. al. (2011) verificaram valores máximos de turbidez entre 179 e 157 NTU, na sub-bacia do rio Poxim, esses valores são superiores aos obtidos na sub-bacia hidrográfica do córrego André.

A análise de correlação de Pearson aplicada nas variáveis Oxigênio Dissolvido e Turbidez demonstram que as variáveis não estão correlacionadas, isto é, existe independência absoluta entre as mesmas (Figura 07).

pH

A variação de pH, tanto no período de seca quanto no período de chuvas estiveram com valores mostrando tendência a valores neutros, entre 7,09 e 7,84 (Figura 08). Tais valores apresentaram concordância com os valores de referência do CONAMA - Resolução 357/2005, artigo 15 (Águas doces - classe II) que é de 6,0 a 9,0. Os valores de pH no córrego André podem estar relacionados com a atividade fotossintética das algas.

Viana et. al. (2011) estudaram a qualidade da água na microbacia do rio Alegre, o parâmetro pH mostrou-se dentro da faixa normal (6,5 – 8,4) para todos os pontos de amostragem em área urbana, similares com resultados obtidos na sub-bacia hidrográfica do córrego André.

Outro fator que pode ter influenciado a variação do pH é o aporte de carbonatos oriundos da formação geológica da região (rochas calcárias). Somente nas amostras coletadas no ponto amostral 3 na seca, ocorreram soluções levemente ácidas, com valor de 6,16.

Fósforo Total

O parâmetro Fósforo Total, teve valores de concentração relativamente altos, com variação de 0,40 a 0,800 mgL^{-1} (Figura 09). Em todos os pontos, ultrapassou o valor de referência para a classe 2, que é de até 0,0500 mgL^{-1} (Resolução CONAMA 357/05).

Os maiores valores de Fósforo Total ocorreram nos pontos 1, 4 e 5. O aporte de esgotos domésticos nestes trechos foi a principal fonte de P - total no corpo d'água. Estes locais podem ser considerados eutrofizados, pois, apresentaram altos valores de DBO e fósforo, fato que pode ser comprovado com o crescimento de algas no curso d'água.

No estudo realizado por Martins (2011), sobre a qualidade da água da sub - bacia do rio Candeias/Amazônia ocidental, o fósforo total apresentou uma variação de 9,4 (PR1) a 52,3$\mu g.L^{-1}$, valores que se mostraram abaixo do padrão estabelecido. O estudo realizado por Ríos Villamizar et. al. (2011) no rio Purus, na Amazônia Brasileira registrou os maiores valores de fósforo total, no período da enchente. Porém no córrego André foi registrado os maiores índices no período de estiagem.

Nos pontos 1 e 2, ao longo do córrego não se verifica mata ciliar e existem áreas com plantio de milho (*Zea mays*), arroz (*Oryza sativa*) e atividade pecuária. A dispersão difusa de fertilizantes e pesticidas usados nas atividades agropastoris podem contribuir com

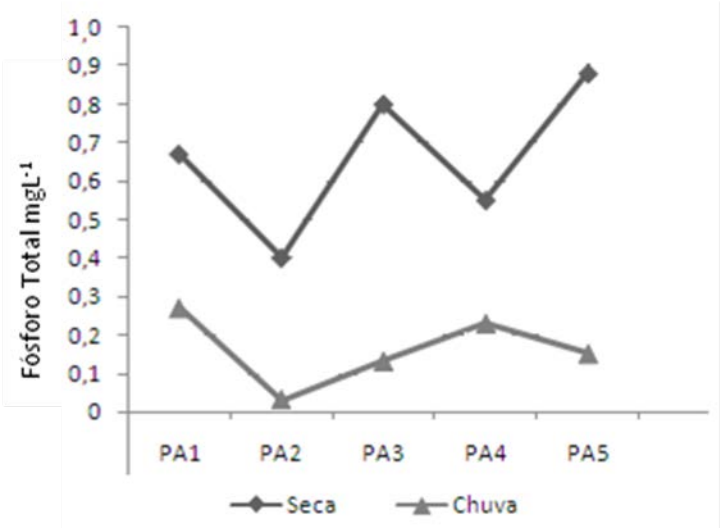


Figura 09 - Variação do fósforo total no córrego André em Mirassol D'Oeste-MT. 2008/2010.

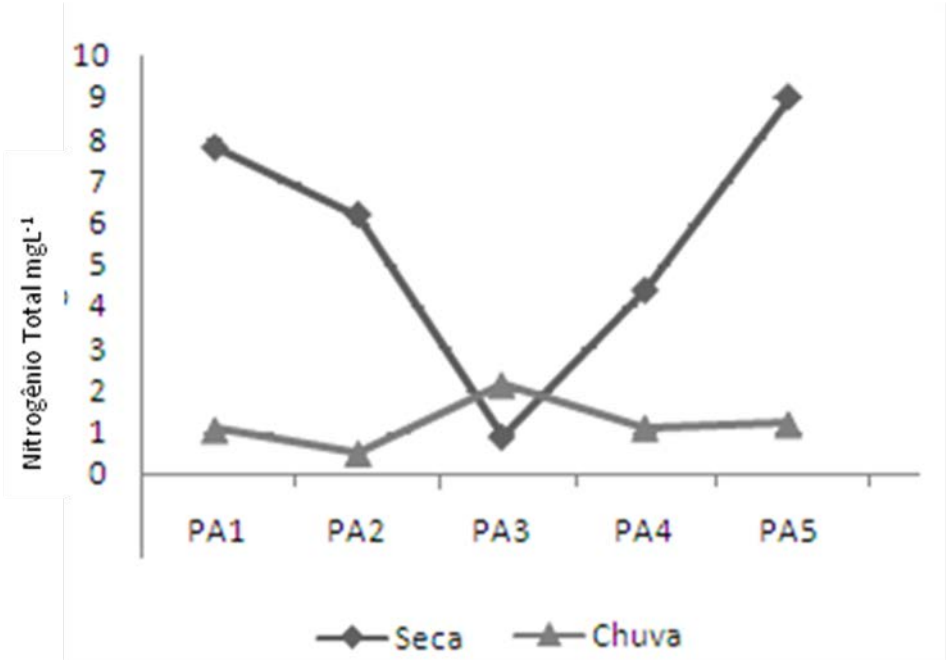


Figura - 10 Variação do Nitrogênio Total no córrego André em Mirassol D'Oeste-MT. 2008/2010.

a elevação do fósforo total nestes pontos.

Segundo Freitas (2000), as águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais entre outras fontes antrópicas.

Nitrogênio Total

As concentrações de Nitrogênio Total ao longo da série analisada nos pontos de amostragem, apontam que o Nitrogênio teve elevações nos valores principalmente no período de seca, com valores de concentrações variando de 4,4 a 9,00 mgL^{-1} e para o período de chuvas variou de 1,04 a 2,130 mgL^{-1}, com exceção do ponto de amostragem 3 (nascente) que foi de 0,9 na seca e 0,470 mgL^{-1} na chuva (Figura 10). Dentre as fontes pontuais de Nitrogênio no córrego André, estão o esgoto doméstico e a dispersão difusa de fertilizantes nitrogenados utilizados nas lavouras na área de expansão urbana.

Ríos Villamizar et. al. (2011) verificaram no rio Purus, que a variável nitrogênio total apresentou os maiores valores no período da cheia. Ao contrário os valores de nitrogênio total, obtidos na sub-bacia hidrográfica do córrego André foram maiores no período de estiagem.

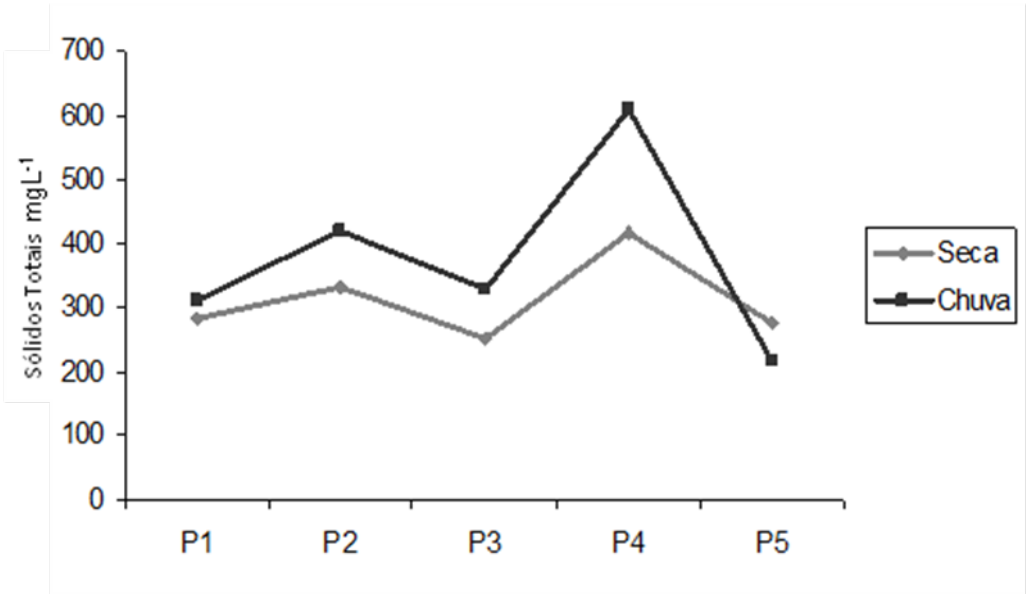


Figura - 11 Variação dos Sólidos Totais no córrego André em Mirassol D'Oeste - MT 2008/2010.

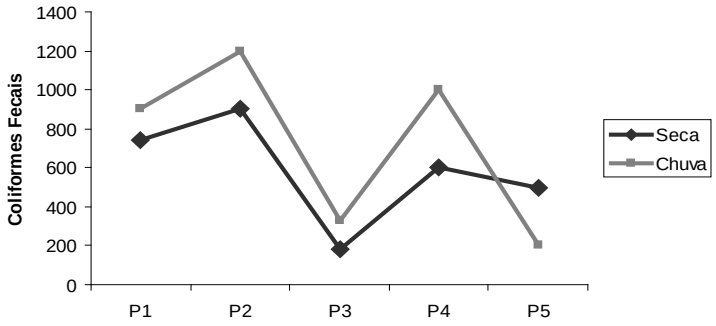


Figura 12 - Variação de Coliformes Fecais no córrego André. 2008/2010.

Sólidos Totais

No período da seca os valores de Sólidos Totais sofreram variação nos pontos amostrais, de 252,0 a 418,00 mgL^{-1} (Figura 11). Isso provavelmente ocorreu devido ao material que é transportado como partículas de areia, despejos de mineração, indicado pela turbidez, além do esgoto doméstico proveniente dos conjuntos habitacionais situados próximos ao córrego, entre outros.

Schneider et. al. (2011) avaliaram a qualidade da água em dois córregos da bacia hidrográfica do rio Pirapó, ambos apresentaram valores abaixo de concentrações de sólidos dissolvidos. No córrego André as maiores concentrações de sólidos dissolvidos foram registrados no período chuvoso, associado principalmente ao escoamento superficial devido ao uso do solo.

Nas águas potáveis o conteúdo de sólidos totais geralmente varia de 20 a 1000 mgL^{-1} e o limite estabelecido pela Resolução CONAMA é de 500 mg/l (FREITAS, 2000).

Coliformes Fecais

A quantidade de Coliformes Fecais sofre variação principalmente em função de fatores espaciais, com maiores valores na área de expansão urbana, nos pontos de amostragem 1 e 2 com 7400 NMP/100ml e 9000 NMP/100ml, respectivamente. O pico de concentração no ponto de amostragem 2 ultrapassou os limites da resolução, que estabelece até

Tabela 05. Valores de IQA obtidos nos pontos de amostragem na sub-bacia do córrego André no período de seca e de cheia

Período	SECA					CHEIA				
Ponto	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
IQA	37,0	41,0	56,0	48,0	44,0	33,78	44,61	49,81	52,24	58,27
Categoria	Regular	Regular	Boa	Regular	Regular	Ruim	Regular	Regular	Boa	Boa

5000 NMP/100ml (CONAMA, 274/00). O aumento dos coliformes nos dois pontos deve-se à contribuição de fezes de animais (vacas, cavalos, porcos, galinhas, entre outros) e fezes humanas das chácaras localizadas ao longo das margens do córrego, que fazem uso de fossas rudimentares e privadas (Figura 12).

Victorette e Brentano (2011) observaram-se elevada concentração de coliformes na bacia hidrográfica do rio Ratones, em todos os pontos de amostragem, estando associado ao despejo de esgoto doméstico. Na sub-bacia hidrográfica André os maiores índices de coliformes foram encontrados nos pontos 1 e 2 na área expansão urbana (sítios, chácaras e residenciais).

Os resultados das análises da água mostraram que o córrego André apresenta-se com índices elevados de DBO, Fósforo Total, Coliformes Fecais e Temperatura e baixa concentração de Oxigênio Dissolvido.

IQA e Avaliação da qualidade da água

Para o período da seca nos pontos 1, 2, 4 e 5 a classificação do IQA da água do córrego André apresentou-se regular. No ponto 3, a qualidade da água é classificada como boa, como esperado, em vista das nascentes difusas do local (Tabela 5).

No período de estiagem o IQA variou entre 37,0 e 56,0. O fósforo total e DBO foram os parâmetros que apresentaram a pior qualidade. A percentagem de saturação de oxigênio dissolvido no período da seca esteve abaixo do padrão em todos os pontos.

Para o período das chuvas a classificação do IQA das águas do córrego André apresentou-se como regular nos pontos 2 e 3 e nos pontos 4 e 5 é classificada como boa. Somente no ponto 1 a água classificou-se como ruim (Tabela 5).

De forma geral a qualidade das águas do córrego André, segundo os valores do IQA, é considerada regular. Quase todos os trechos apresentaram qualidade média. As águas deste córrego estão sensivelmente prejudicadas pelas atividades antrópicas, com o descarte de efluentes domésticos, comercial e agropecuário. Os valores obtidos explicam respectivamente que as variáveis O.D, DBO, Coliformes Fecais e Fósforo Total foram as principais responsáveis pela diminuição da qualidade da água do córrego.

Verifica-se que a qualidade da água dos pontos 1, 2 e 3 do córrego André classificam-se como Classe 2. Segundo esta classificação, estas águas podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como: natação, esqui aquático e mergulho, à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e à aquicultura e a atividade de pesca (BRASIL, 2005).

Relação entre os pontos de amostragem

De acordo com a análise de Cluster podemos observar que houve 4 grupos de pontos com maior proximidade entre si (Figura 13). Observou-se que o Ponto 4 na seca juntamente com o Ponto 5 apresentaram maior similaridade, esta relação ocorreu devido ao fato de que estes pontos estão nas proximidades do centro da cidade e suas características hídricas podem estar sendo bastante influenciadas pelo material alóctone despejado no leito deste manancial.

O ponto 2 na seca obteve características semelhantes ao ponto 1 tanto na cheia quanto na seca, relação mais fraca durante a seca com este último ponto. Isso pode ter ocorrido devido ao fato de que estes pontos estão na parte externa da cidade, zona rural, apresentando pouca incidência antrópica e com aspecto natural parcialmente preservado. O ponto 2 na cheia assemelhou-se ao ponto 4 no mesmo período, o que indica que as águas altas podem estar fazendo com que as variáveis hídricas nestes locais possam estar difusas.

O ponto 3 na seca assemelhou-se ao ponto 5 na cheia, podendo estar associado devido estes locais sofrerem com o depósito de efluentes de oficinas e domésticos. O ponto 3 na cheia apresentou relação fraca com esses últimos, tendo em vista este ter suas nascentes aterradas durante este período, comprometendo suas características hídricas.

Os pontos de amostragem apresentaram-se agrupados quando comparados seus aspectos naturais e antrópicos. Podemos inferir que as características hídricas demonstram

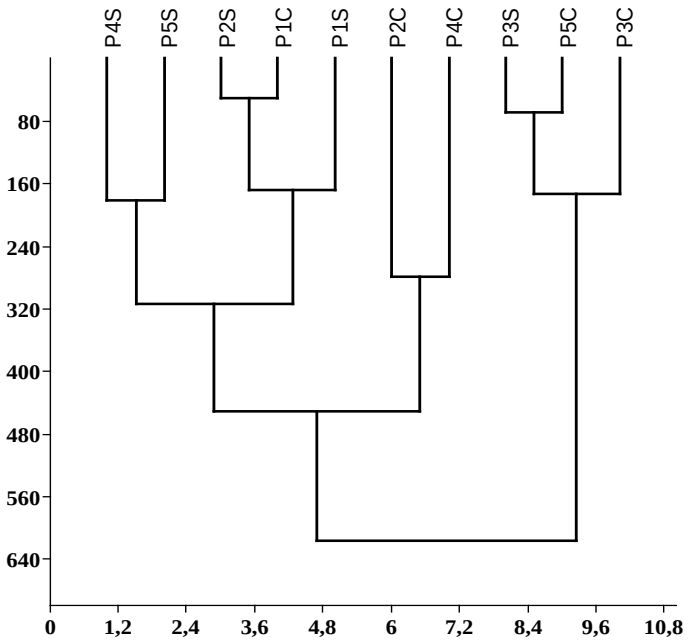


Figura 13 - Análise de Cluster entre os pontos de amostragem em cada período estudado.

a relação existente entre os pontos nos períodos estudados (seca e cheia).

CONCLUSÕES

O recurso hídrico do córrego André apresentou índices elevados de DBO, Fósforo Total, Coliformes Fecais e Temperatura e baixa concentração de Oxigênio Dissolvido essas variáveis não apresentam condições de qualidade de água compatíveis com a Classe 2, excedendo os limites estabelecidos (Resolução CONAMA n° 357/05). As variáveis Turbidez, pH e Sólidos Totais enquadram-se nos limites estabelecidos para águas de Classe 2. Portanto, devido à forma de uso da terra, a sub-bacia do córrego André apresenta fragilidade ambiental com risco potencial de contaminação de seus recursos hídricos.

Os valores de IQA calculados indicaram que a qualidade das águas do córrego André foi classificada como regular. No período de estiagem o IQA variou de 37,0 a 56,0 e no período de cheia variou de 33,78 a 58,27. A análise estatística permitiu agrupar os pontos amostrais em 4 grupos de pontos com maior proximidade entre si.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA. Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association , Water Environmental Federation , 20 ed. Washington.

AVELINO, P. H. M. **No contexto do Processo de Colonização da Amazônia Mato-grossense.** 1999. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual Paulista – UNESP, Presidente Prudente, 1999.

BENETTI, A. O meio ambiente e os recursos hídricos. In. TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia:** ciência e aplicação. 2 ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2005. p. 651-658.

BOOTH, D., KARR, J. R., SCHAUMAN, S., KONRAD, C. P., MORLEY, S. A., LARSON, M. G.; BURGES, S. J. Reviving urban streams: land use, hidrology, biology and human behavior. **Journal of the American Water Resources Association** 40(5): p. 1351- 1364. 2004.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA Resolução n°357, de 17 de março de 2005.

BREGUNCE, D. T., JORDAN, E. N., DZIEDZIC, M., MARANHO, L. T, CUBAS, S. A. Avaliação da Qualidade da Água do Ribeirão dos Müller. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos,** v. 16, n. 3, p. 39-47, 2011.

CRUZ NETO, O. O trabalho de Campo como Descoberta e Criação. In: MINAYO, M. C. S. (Org.). **Pesquisa Social:** Teoria, Método e Criatividade. Petrópolis - RJ: Vozes, 2000. p. 67- 79.

FARIA, B. V.; CAVINATTO, V. As Bacias hidrográficas do Estado. In: EMPAER. **Manual técnico de microbacias hidrográficas.** Cuiabá – MT: EMPAER, 2000. 339 p.

FREITAS, A. J. Gestão de recursos hídricos. In: SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F. (Orgs.). **Gestão de recursos hídricos:** aspectos legais, econômicos, administrativos e legais. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos; Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa; Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2000. 659 p.

GERGEL, S. E. et al. Landscape indicators of human impacts to riverine systems. Aquatic Science, v.64, p.118-128, 2002.

GUERESCHI, R. M.; FONSECA-GESSNER, A. A. Análise de variáveis físicas e químicas da água. Estudos Integrados em Ecossistemas: Estação Ecológica de Jataí 2. São Carlos: Rima, p. 387-402. 2000.

KLEPKA, V. Qualidade da água na bacia do rio Pirapó: uma análise das condições bióticas e abióticas. **Revista Diálogos & Saberes**, v. 7, n. 1, p. 9-17, 2011.

LIU, Y.; ISLAM, M. A.; GAO, J. Quantification of shallow water quality parameters by means of remote sensing. **Progress in Physical Geography**, v. 27, n. 1, p. 24-43, 2003.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação:** abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1986. 99 p.

MARTINS, A. S. **Avaliação das águas superficiais sob uso e ocupação na sub - bacia do rio Candeias/RO - Amazônia Ocidental.** 2011. 124 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio ambiente), Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, 2011.

MOREIRA, M. Caracterização limnológica dos rios Correntes e Piquiri- MT. *Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil*, 23 a 28 de Setembro de 2007, Caxambu – MG. (http://www.seb-ecologia.org.br), acesso em 12 Set de 2009.

MORENO, G.; HIGA, T. C. S. **Geografia de Mato Grosso:** Território, Sociedade e Meio Ambiente. Cuiabá: Entrelinhas, 2004. 295 p.

NETO, M. F. A; LEITE, C. M. C. Desenvolvimento Socioeconômico no Contexto da região Centro-Oeste. In; MORENO, G.; HIGA, T. C. S. (Orgs). **Geografia de Mato Grosso:** Território, Sociedade e Meio Ambiente. Cuiabá: Entrelinhas, 2005. p. 272-288.

NOGUEIRA, L. C. Avaliação espacial e temporal da qualidade da água na sub-bacia do rio Poxim, Sergipe, Brasil. **Ambi-Agua**, v. 6, n. 1, p. 118 - 130, 2011.

RIOS-VILLAMIZAR, E. A.; JUNIOR, A. F. M.; WAICHMAN, A. V. Caracterização físico-química das águas e desmatamento na bacia do rio Purus, Amazônia Brasileira Ocidental. **Revista Geográfica Acadêmica,** v. 5, n. 2, p. 54 – 65, 2011.

SANTOS M. A., ROCHA D., ALMEIDA M G B; LIMA J. F S., CAVALCANTI E B; SANTOS A. F. C. Qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Japaratuba-Sergipe. IV Encontro de Recursos Hídricos em Sergipe Aracaju. 2011.

SCHNEIDER, R. M.; FREIRE R.; COSSICH, E. S.; SOARES, P. F.; FREITAS, F. H; TAVARES, C. R. G. Estudo da influência do uso e ocupação de solo na qualidade da água de dois córregos da Bacia hidrográfica do rio Pirapó. **Acta Scientiarum. Technology,** v. 33, n. 3, p. 295 - 303, 2011.

SCHUELLER, T. Controlling urban runoff: a practical manual for planning and designing urban BMP. Washington, DC: Metropolitan Washington Council of Governments, 1987. 10 p.

SEPLAN – Secretaria de Planejamento. **Levantamento de reconhecimento de baixa intensidade dos solos do Estado de Mato Grosso.** Nível compilatório. Cuiabá/MT, 2009. 121 p.

SOUZA, H M. H.; NUNES, J. R. S. Avaliação dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos do córrego Figueira pertencente a micro bacia do queima-pé de Tangará da Serra/MT. **Revista Engenharia Ambiental**, v. 5, n. 2, p. 110 - 124, 2008.

THEBALDI, M.; SANDRI, D.; FELISBERTO, A. B. Qualidade da água de um córrego sob influência de efluente tratado de abate bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** v.15, n.3, p. 302 – 309, 2011.

TOLEDO, L. G.; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agrícola,** v. 59, n.1, p.181-186. 2004.

TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil:** capital ecológico, uso e conservação. 2 ed. São Paulo: Escrituras Editora. p. 473-506. 2002.

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ , F. B. T.; FRANCO, R. A. M. **Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis**. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.1, p. 55 - 64, 2010.

VASCO, A. N.; BRITTO, F. B.; PEREIRA, A. P. S.; MÉLLO JÚNIOR, A. V. M.; GARCIA, C. A. B.; VASCONCELOS, V. de M. M.; SOUZA, C. F. Caracterização dos parâmetros de qualidade da água do manancial Utinga, Belém, PA, Brasil. **Ambi-Agua**, v. 6, n. 2, p. 305 - 324, 2011.

VIANNA, L. S.; SILVA, K. G.; BERTOSSI, A. P. A.; MENDES, T. N.; XAVIER, T. M. Análise da qualidade da água para fins de irrigação na

microbacia do rio Alegre, ES. **Enciclopédia Biosfera**, v.7, n.12, 2011.

VICTORETTE, T. W. D. B.; BRENTANO, D. M. Qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Ratones, Florianópolis/SC, nas estações de primavera e verão. **Cadernos de Publicação Acadêmica,** p. 44 – 52, 2011.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade de águas e ao tratamento de esgotos.** 2 ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 1996. 243 p.

Recebido em: mar/2011
Aprovado em: jun/2012

Uma análise da produção mais limpa no Brasil

An analysis of cleaner production in Brazil

RESUMO

A Produção mais Limpa (P+L) é uma abordagem para eliminar/reduzir a poluição ainda no processo produtivo. A P+L foi proposta pelo United Nations Environment Programme em 1989 e, adotada por muitos países. Este trabalho analisa como se deu a implantação da P+L no Brasil e sua relação com as políticas públicas ambientais. A metodologia foi fundamentada em análise de dados bibliográficos, documentais e de sítios eletrônicos. Os resultados mostram que a inserção da P+L no país se deu a partir da criação do Centro Nacional de Tecnologias Limpas - CNTL em 1995, apoiada posteriormente pela Rede Brasileira de Produção mais Limpa, que instalou núcleos em todos os estados brasileiros. O governo federal promoveu a criação de fóruns de P+L em alguns estados e elaborou planos. Porém, tanto os núcleos quanto os fóruns não tiveram continuidade. Os arranjos e as políticas públicas atuais são insuficientes para promoverem o conceito de P+L, que aparece apenas pontualmente nas ações do governo federal e da iniciativa privada.

PALAVRAS-CHAVE: Produção mais Limpa; gestão ambiental organizacional; políticas públicas ambientais.

Graciane Regina Pereira
Bióloga, Mestre em Engenharia Ambiental pela FURB. Doutoranda Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil
gracianerp@hotmail.com

Fernando Soares Pinto Sant'Anna
Engenheiro Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil
santanna@ens.ufsc.br

ABSTRACT

Cleaner Production (CP) is an approach to eliminate / reduce pollution still in the production process. It was proposed by the United Nations Environment Programme in 1989 and adopted by many countries. This paper analyzes the process of implantation of CP in Brazil and its relation to environmental public policy. The methodology was based on the analysis of bibliographic data; public documents and electronic sites. Results show that CP adoption in Brazil started with the creation of the CNTL (National Center for Clean Technologies) in 1995. It was subsequently supported by the "Brazilian Network for CP" (Rede Brasileira de Produção Mais Limpa), which installed work centers in all Brazilian states. The federal government promoted the creation of CP forums in some states and the development of policies and programs. However, both the work centers and forums were not given continuity. The current arrangements are insufficient to promote the widespread adoption of CP in Brazil. Lately, the theme is rarely touched upon by the federal government or private enterprises.

KEYWORDS: cleaner production, organizational environmental management, environmental public policies.

INTRODUÇÃO

Os cuidados com o meio ambiente, por parte das empresas, iniciaram-se pelos controles ambientais, cuja ênfase, no início, foi o controle "fim de tubo". Porém, a percepção que todo resíduo, efluente ou emissão representa um custo para a empresa, motivou o repensar dos processos industriais. Surgiu então uma gestão ambiental mais preventiva, sem perder de vista a rentabilidade. Todo esse processo foi concomitante à preocupação com a imagem da empresa perante a comunidade, pois muitas tiveram sérios problemas por conta de controles ineficientes ou inexistentes; e, não menos importante, ao aumento da sensibilização dos consumidores pelas questões socioambientais.

Ao longo do tempo, surgiram diversas abordagens para gerir os aspectos ambientais em organizações. A opção feita pelo gestor, por uma ou outra, é motivada por fatores diversos: exigências legais; capacidade técnica; exigências dos clientes; exigências de órgãos ambientais; marketing ecológico; entre outros. Seja qual for a abordagem escolhida, normalmente sua implantação é direcionada por princípios ou requisitos pré-determinados.

Dentre as abordagens existentes, a Produção mais Limpa (P+L) é uma das mais adotadas e tem como princípio básico eliminar a poluição ainda no processo produtivo, e não após o mesmo (controle "fim de tubo"). Cada etapa da produção é avaliada para a compreensão de como as matérias-primas, a água e a energia estão sendo empregadas. Caso haja geração de resíduos, emissões ou efluentes, o processo produtivo é revisto, pois indicam perdas de recursos naturais e custos com tratamentos.

A P+L foi proposta pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - PNUMA (*United Nations Environment Programme* - UNEP) em 1989, como uma abordagem para a conservação de recursos e gestão ambiental. Cada país interessado em difundir a P+L deveria instalar um Centro Nacional de Produção mais Limpa. No Brasil, com o apoio da UNIDO - *United Nations Industrial Development Organization* e do UNEP, foi criado o Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL) junto ao Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) do Rio Grande do Sul.

Após, a criação do CNTL, o Conselho Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS) articulou esforços para a criação de núcleos de P+L em todos os Estados brasileiros, que formaram a Rede Brasileira de Produção Mais Limpa.

No setor governamental, o Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia - MMA incentivou a criação de fóruns estaduais de P+L em alguns estados brasileiros. Essas ações, porém, foram tímidas. Em 2010, o MMA, através da Secretaria de Articulação Institucional e Cidadania Ambiental - Departamento de Cidadania e Responsabilidade Socioambiental retomou o assunto, através do Plano de ação para Produção e Consumo Sustentáveis - PPCS, um compromisso assumido através do acordo de Marrakesh. No PPCS, há o entendimento da relação de influência e dependência recíproca entre essas duas dimensões da ação humana: produção e consumo, pois a produção afeta o consumo (por meio de *design* de produtos e dos apelos do *marketing*), mas também o consumo afeta a produção (na medida em que as escolhas dos consumidores influenciam as decisões dos produtores) (MMA, 2010).

O Estado de São Paulo, abordado nas pesquisas de Ribeiro e Pacheco, 2011, apresenta iniciativas próprias, e encaminhou de forma autônoma a sua trajetória na dimensão da P+L. Em 1992 iniciava as discussões em torno do conceito de Prevenção da Poluição (P2), nos anos seguintes foi um forte promotor da P+L e recentemente adotou o conceito de Produção e Consumo Sustentáveis.

Aprofundar as particularidades que envolvem o tema no Brasil e construir a evolução da P+L nos últimos anos é o que se propõe apresentar neste artigo, estabelecendo como se dá a articulação dos órgãos envolvidos nesta área. Buscou-se relacionar esta evolução da P+L com as políticas públicas ambientais, já que a adoção de práticas mais sustentáveis pelas organizações está diretamente ligada a forma como o país direciona suas políticas. Fernandes e Sant'Anna (2007) afirmam que os problemas ambientais têm origem na relação homem x ambiente, mediada pela racionalidade instrumental econômica, uma racionalidade individual em detrimento da coletividade. A priorização econômica individual tem como resultado inerente o prejuízo coletivo. Este coletivo, por sua vez é representado pelo Estado, sendo sua função representá-lo e defende-lo. Assim, os órgãos de controle ambiental, bem como as políticas públicas que dão sustentação para o seu funcionamento, continuam sendo imprescindíveis. E, neste contexto o governo pode promover condições para as empresas buscarem soluções inovadoras, sem perder qualidade e competitividade.

As estruturas apoiadoras da P+L, distribuídas por várias partes do território brasileiro, ora trabalham juntas ora trabalham de forma independente, mas todas as iniciativas seguem os preceitos do UNEP, também usado como referencial teórico neste trabalho.

METODOLOGIA

Trata-se de pesquisa bibliográfica e documental, com característica descritiva, a partir da qual se buscou uma compreensão

aprofundada da implantação da P+L no país. Este entendimento possibilitou estabelecer os arranjos institucionais, os atores envolvidos e os instrumentos de ação e políticas públicas relacionadas. Por se tratar de um tema recente, cuja produção acadêmica ainda é incipiente, as informações mais significativas foram aquelas obtidas em pesquisas em sítios eletrônicos de instituições públicas e privadas.

PRODUÇÃO MAIS LIMPA – P+L E POLÍTICAS PÚBLICAS

Produção mais Limpa - um programa das Nações Unidas

A P+L foi proposta mundialmente pelo UNEP em 1989, através de sua Divisão de Tecnologia, Indústria e Economia, que a define como:

> aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva integrada aplicada aos processos, produtos e serviços para aumentar a eficiência geral e reduzir riscos aos humanos e ao meio ambiente.

Esperava-se com tal programa que as indústrias melhorassem seu desempenho industrial e ao mesmo tempo em que protegessem o meio ambiente. No entanto, o conceito de P+L não foi tão bem aceito e incorporado pelas indústrias como esperado. Assim, ainda hoje o UNEP vem trabalhando para conseguir o compromisso necessário dos governos, das companhias, das associações de indústrias, da academia – de todos os agentes que possam ter um papel no grande cenário da produção e consumo sustentável.

Ao longo dos últimos anos, houve um esforço do UNEP, em associação com a Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial- UNIDO, para implantar em vários países Centros Nacionais de P+L. No Brasil foi criado o Centro Nacional de Tecnologias Limpas - CNTL junto ao SENAI – RS em 1995.

Para fortalecer esses centros, o UNEP/UNIDO criou a Rede Global para a Eficiência de Recursos e Produção mais Limpa – RECP Net. A RECP Net está dividida em regiões geográficas (América Latina e Caribe, África, Leste Europeu e Ásia), representada pelos seus Centros Nacionais de P+L, que são 42 no mundo. O objetivo da rede é promover ações e projetos através de seus Centros e, desta forma, incrementar o intercâmbio de conhecimentos e práticas, priorizando o intercâmbio de técnicos e a implantação de novos centros em outros países (CNTL, 2011).

Uma organização quando decide adotar a P+L assume um compromisso de desenvolver uma estratégia ambiental preventiva, que visa, também, ganhos financeiros. A P+L está presente em todas as etapas produtivas, a começar pela escolha das matérias-primas e o desenho do produto, e compreende também a preocupação em minimizar desde insumos, água e energia a resíduos e emissões.

Ainda segundo os conceitos do UNEP, a P+L pode ser aplicada para processos de qualquer indústria, para seus produtos e para vários serviços oferecidos para a sociedade, conforme figura 1.

Para processos de **produção**, a P+L resulta da combinação das seguintes atividades: conservação de matérias-primas e energia, substituição de materiais tóxicos/perigosos por outros menos prejudiciais, e redução da quantidade e/toxicidade das emissões e resíduos antes deles deixarem o local de produção.

Para **produtos**, a P+L foca a redução dos impactos ambientas de todo o seu ciclo de vida, desde a extração da matéria prima até a sua disposição final do produto, propondo um *design* apropriado.

Para **serviços**, a P+L implica incorporar conceitos ambientais no desenho e execução do serviço. As questões ambientais são incorporadas nas diversas etapas do processo, como as operações logísticas, reduzindo assim as emissões de gases causadores do efeito estufa.

O UNEP destaca algumas características da P+L:

- é um processo contínuo, não é uma atividade pontual;
- não está limitado a indústrias ou empresas de certo tipo ou tamanho;
- busca um equilíbrio entre a disponibilidade e o consumo de materiais (incluindo água e energia). O crescimento não é negado desde que seja ecologicamente sustentável.
- é uma abordagem de produção e prestação de serviços com um mínimo de impactos ambientais, tendo em conta os limites tecnológicos e econômicos atuais. Não se limita a minimização de resíduos, mas opera em um contexto mais amplo.
- com relação aos impactos do ciclo de vida, a P+L também se dirige aos conceitos de saúde e segurança e enfatiza a redução de riscos. É uma estratégia holística de gestão ambiental.
- é eficiente – em termos de resultados imediatos; e efetiva – em termos de resultados positivos em longo prazo.
- é uma estratégia que protege o meio ambiente, comunidade (por exemplo, saúde e segurança de trabalhadores, consumidores e vizinhança) e os negócios (sua lucratividade e imagem). Trabalha também na perspectiva econômica e social, que às vezes ficam fora da estratégia ambiental.

Na publicação "Questões Ambientais e P+L" do SENAI - CNTL (2003) são apontadas as diferenças marcantes entre a abordagem de P+L e o uso de tecnologias de fim de tubo, conforme tabela 1 abaixo.

A P+L foi se conformando e se estruturando a partir das

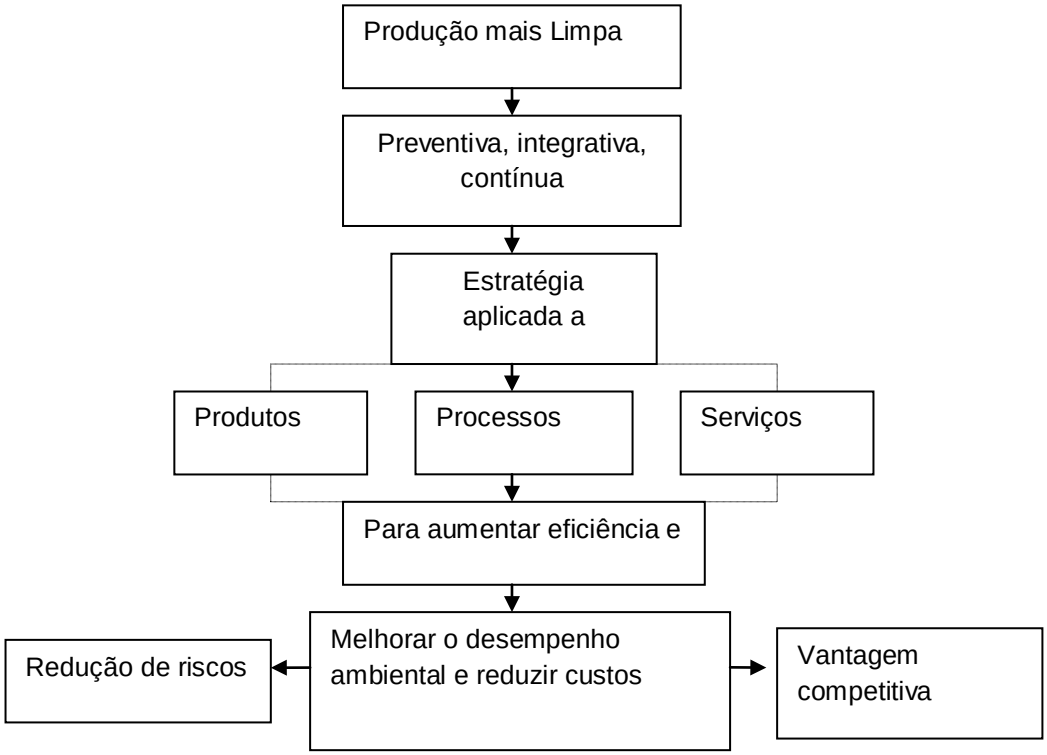


Figura 1 - Definição de Produção mais Limpa (Adaptado de UNIDO/UNEP)

deficiências dos controles ambientais fim-de-tubo. A perda de materiais, de tempo e os impactos ambientais de resíduos e emissões aumentam os custos das empresas que adotam controles corretivos. A P+L, e outras abordagens mais sistêmicas, vêm solucionar estas deficiências quando propõem uma nova maneira de tratar os aspectos ambientais das organizações e sua relação com a sociedade.

Apesar de todos os seus aspectos positivos, a implementação da P+L no Brasil tem encontrado barreiras, como apontado por Pimenta e Gouvinhas (2011) resistência à mudança; conceitos errados (falta de informações sobre a técnica e a importância dada ao ambiente natural); **ausência de políticas nacionais** que apoiam atividades de P+L, além da pouca interação entre empresas, universidades e centros de pesquisa, na tentativa de desenvolvimento de ações conjuntas de P+L; barreiras econômicas (alocação incorreta dos custos ambientais e investimentos e baixa capacidade de investimento) e barreiras relacionadas com o papel da equipe de implantação.

Análise da P+L no Brasil

O UNEP é facilitador de uma rede global de mais de 300 organizações ativas em Produção mais Limpa, incluindo centros regionais e nacionais, universidades, centros técnicos e de pesquisa, o Banco Mundial e outras organizações das Nações Unidas (UNEP, 2002). No Brasil, como já citado, criou-se em 1995 o Centro Nacional de Tecnologias Limpas – CNTL, instalado na Federação das Indústrias do Estado do Rio Grande do Sul (FIERGS), junto ao Departamento Regional do Rio Grande do Sul do SENAI-RS. Este centro tem tido a função de articular no país a promoção da P+L, através de capacitações, consultorias, informação tecnológica e eventos em vários estados do Brasil. A partir da criação do CNTL, o Brasil passou a desenvolver efetivamente ações relacionadas à P+L.

Em 1997 foi criada, sob articulação do CEBDS e orientação do CNTL, a Rede Brasileira de P+L. Esta rede foi resultado de parceria entre sete organizações (CEBDS, SEBRAE Nacional, Banco do Nordeste, CNI, FINEP, PNUMA e PNUD) e chegou a ter elos (núcleos) em todos os estado do Brasil. Ela buscou unir esforços, trocar experiências e desenvolver sistemas conjuntos, para fortalecer as práticas de P+L e encorajar as empresas a se tornarem mais competitivas, inovadoras e ambientalmente responsáveis (CEBDS, 2003).

Os objetivos desta rede foram:

- reduzir ou minimizar os impactos ambientais;
- disseminar as práticas de Produção Mais Limpa;
- fortalecer ações integradas entre aspectos de qualidade ambiental, segurança e saúde ocupacional;
- promoção a pesquisa, desenvolvimento e transferência de tecnologias mais limpas;
- consolidar um banco e dados e de informações sobre as experiências dos integrantes da rede.

Segundo SEBRAE/CEBDS (2010), as ações da Rede Brasileira de P+L são divididas em três fases:

Primeira fase: 76 empresas selecionadas que investiram R$ 2,8 milhões com medidas de P+L, obtendo uma redução de R$ 18

Tabela 1 – Diferenças entre tecnologias de fim de tubo e P+L

Tecnologia de fim de tubo	Produção mais Limpa
Como tratar os resíduos e as emissões existentes?	De onde vêm os resíduos e as emissões?
Pretende reação	Pretende ação
Leva a custos adicionais	Ajuda a reduzir custos
Os resíduos, efluentes e as emissões são limitados através de filtros e unidades de tratamento: • Soluções de fim de tubo • Tecnologia de reparo • Armazenagem de resíduos	Prevenção da geração de resíduos, efluentes e emissões na fonte, o que evita processos e materiais potencialmente tóxicos
A proteção ambiental foi introduzida depois que os produtos e processos foram desenvolvidos	A proteção ambiental é um aparte integrante do *design* do produto e da engenharia de processo
Os problemas ambientais são resolvidos a partir de um ponto de vista tecnológico	Resolvem-se os problemas ambientais em todos os níveis e envolvendo a todos
Proteção ambiental é um assunto para especialistas competentes, que são trazidos de fora e aumentam o consumo de material e energia	Proteção ambiental é tarefa de todos, pois é uma inovação desenvolvida dentro da empresa que reduz o consumo de material e energia
Complexidade dos processos e os riscos são aumentados	Os riscos são reduzidos e a transparência é aumentada
Proteção ambiental focada no cumprimento de prescrições legais É o resultado de um paradigma de produção que data de um tempo em que os problemas ambientais ainda não eram conhecidos	É uma abordagem que cria técnicas e tecnologias de produção para o desenvolvimento sustentável

Fonte: SENAI - CNTL, 2003.

milhões por ano em gastos com matérias-primas, materiais auxiliares, água, energia elétrica e retrabalho dos seus funcionários.

Segunda fase: em um convênio em 2001 do CEBDS e SEBRAE, o foco foram as micro e pequenas empresas brasileiras, com a formação da Rede de Econegócios. 85 micro e pequenas empresas participaram e investiram cerca de R$2,4 milhões em oportunidades de melhoria. Tais investimentos geraram benefícios anuais de R$5,6 milhões e mais benefícios ambientais, como a redução anual de 167 toneladas de matérias-primas, 111 mil metros cúbicos de água, 350 mil quilowatts de energia elétrica, dentre outros.

Terceira fase: Iniciada em 2007, como Rede Brasileira de Ecoeficiência, contemplou cinco ações principais: avaliação da rede existente; desenvolvimento de novos produtos; formação de novos núcleos, apoio aos existentes e interiorização nas unidades locais. Contemplou-se também a estruturação do portal da Rede e integração do sistema de comunicação. Na terceira fase, o SEBRAE Nacional investiu R$ 1.673.170,00, que formou 236 profissionais em 17 estados. As 160 micro e pequenas empresas que participaram dessa fase desenvolveram, junto aos consultores e facilitadores, condições para planejarem ações diretas de redução dos custos relacionados a desperdícios e riscos nos diversos segmentos produtivos estudados.

Um dos marcos das ações da Rede Brasileira de P+L foi a publicação em 2003 do "Guia de Produção Mais Limpa – faça você mesmo", orientando as empresas à implantação autônoma.

Apesar de um início promissor e de sua grande importância, a Rede Brasileira de P+L teve suas atividades finalizadas em 2009.

Com relação ao governo federal, o Ministério do Meio Ambiente aderiu em novembro de 2003 à "Declaração Internacional sobre Produção mais Limpa" do UNEP. Neste ano, o MMA instituiu o Comitê Gestor de Produção Mais Limpa (Portaria nº 454, de 28/11/2003), e estabeleceu nove Fóruns Estaduais de P+L (Amazonas, Bahia, Mato Grosso, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo e Pernambuco).

O MMA, juntamente com órgãos estaduais de meio ambiente, promoveu articulação com instituições dos setores público, privado e terceiro setor, visando sensibilizar agentes envolvidos com ao tema e a organização e institucionalização dos Fóruns Estaduais de P+L. Estes fóruns não

se consolidaram e não foram encontradas informações a respeito de suas ações.

As discussões sobre políticas públicas ambientais evoluíram no país e a Portaria Nº 44, de 13 de fevereiro de 2008, instituiu o Comitê Gestor de Produção e Consumo Sustentável - CGPCS, a quem competiu elaborar e implementar o Plano de Ação para Produção e Consumo Sustentáveis – PPCS. A criação deste comitê teve forte influência da adesão do Brasil, ao Processo de Marrakech em 2007.

O Processo de Marrakech visa dar aplicabilidade e expressão concreta ao conceito de Produção e Consumo Sustentáveis (PCS). Ele solicita e estimula que cada país membro das Nações Unidas, e participante do programa, desenvolva seu plano de ação, o qual será compartilhado com os demais países, em nível regional e mundial, gerando subsídios para a construção do "Global Framework for Action on SCP" (MMA, 2010).

No Brasil, o governo do Estado de São Paulo e o governo federal adotaram o conceito de Produção e Consumo Sustentável em lugar de P+L. Isto significa a incorporação, ao longo de todo o ciclo de vida de bens e serviços, das melhores alternativas possíveis para minimizar custos ambientais e sociais. Esta abordagem preventiva melhora a competitividade das empresas e reduz o risco para saúde humana e meio ambiente (MMA, 2008). Ou seja, amplia-se o foco dado à produção, a preocupação vem antes e após a mesma, com o consumo e pós-consumo.

Também segundo a UNIDO/UNEP (2008), mudar a produção e consumo para padrões mais sustentáveis significa melhorar:
- As tecnologias e processos envolvidos nas atividades produtivas (em alguns casos, adotando o conhecimento local);
- A forma como os serviços básicos são fornecidos, geridos e distribuídos à população;
- A maneira como a comunicação e informações são fornecidas, e
- A forma como os consumidores compram.

O UNEP vem desenvolvendo atividades complementares à PCS relativos à eficiência energética (industrial e não-industrial, como por exemplo, em edifícios, que normalmente não faz parte da P+L), acordos ambientais multilaterais, compras sustentáveis, consumo sustentável, *design* para a sustentabilidade e participação ativa no programa da Nações Unidas "Pacto Global" (UNIDO/UNEP, 2008). Existem orientações para que os CNPL tratem também destas várias atividades afins da P+L, como por exemplo, de mecanismos de desenvolvimento limpo, de responsabilidade social corporativa e da transferência de tecnologias ambientalmente saudáveis. Estes dois últimos já se configuram como programas específicos da UNIDO/UNEP.

A evolução de P+L para produção e consumo sustentáveis, proposta no PPCS, está alinhada ao crescente aumento da degradação ambiental global (aquecimento global, desmatamento, desertificação, escassez de recursos, entre outros). O Comitê Gestor Nacional de Produção e Consumo Sustentáveis articulou vários ministérios e parceiros do setor privado e da sociedade civil com a finalidade de realizar amplo debate e identificar ações que pudessem levar o Brasil, de forma planejada e monitorada, a buscar padrões mais sustentáveis de consumo e produção nos próximos anos (MMA, 2010). Uma versão preliminar do Plano de ação para Produção e Consumo Sustentáveis – PPCS foi submetida à consulta pública. Na construção deste plano houve uma ação conjunta de atores relacionados à P+L e ao consumo sustentável.

O PPCS apresenta um leque de seis prioridades direcionadas às mudanças de padrão tanto na produção quanto no consumo. São elas:

- aumento da reciclagem;
- educação para o consumo sustentável;
- agenda ambiental na administração pública;
- compras públicas sustentáveis;
- construções sustentáveis;
- varejo e consumo sustentáveis.

O plano chama atenção ainda para a pouca preocupação dada ao consumismo nos últimos anos. Se houve preocupação ambiental quanto à produção, nada foi feito quanto ao consumo, principalmente em países em desenvolvimento, como o Brasil. Segundo o MMA (2010), o conceito de Produção e Consumo Sustentável, porém, é mais que a soma das duas partes acima descritas: trata-se da aplicação de uma abordagem integrada entre produção e consumo, com vistas à sustentabilidade, entendendo-se que há uma relação de influência e dependência recíproca entre essas duas dimensões da ação humana; a produção afeta o consumo (por exemplo, por meio de design de produtos e dos apelos do marketing), mas também o consumo afeta a produção, na medida em que as escolhas dos consumidores influenciam as decisões dos produtores – por exemplo, os casos de boicote a determinados produtos que poluem o meio ambiente ou causam danos à saúde levaram empresas a processos corretivos bem sucedidos.

Na elaboração do PPCS foram consideradas as diretrizes do Plano Nacional de Mudanças do Clima (2008) e da Política Nacional de Resíduos Sólidos (2010). São bastante similares e convergentes as ações relacionadas à produção e ao consumo nestes documentos. Segundo mensagem no *site* do MMA, o plano está sendo formatado neste momento.

Apesar de já transcorrerem 17 anos desde a introdução da P+L

Tabela2 – Principais órgãos públicos e privados com ações relacionadas à P+L

Órgão	Papel
MMA – Ministério do Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Amazônia Legal (www.mma.gov.br)	Articula diversos programas que estimulam práticas mais responsáveis por organizações e cidadãos: Programa Agenda 21; Agenda ambiental da administração pública – A3P; Produção e Consumo Sustentável; Campanhas de consumo sustentável, entre outros. No MMA encontra-se a estrutura institucional de meio ambiente do país responsável pela gestão ambiental.
MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (wwww.mdic.gov.br)	Coordena todas as atividades ligadas aos setores produtivos e meio ambiente. Em 2011 lançou Plano Brasil Maior que tem como uma de suas metas produzir de forma mais limpa, diminuindo o consumo de energia por unidade de PIB. O INMETRO e o BNDES são entidades vinculadas a este ministério e que têm forte influência na normalização ambiental e no financiamento de empreendimentos sustentáveis, respectivamente.
MCTI – Ministério da Ciência e Tecnologia e Inovação (www.mct.gov.br)	Desenvolve pesquisas e estudos que se traduzem em geração de conhecimento e de novas tecnologias, bem como a criação de produtos, processos, gestão e patentes nacionais. Em suas ações há muita ênfase nas mudanças climáticas e inovações tecnológicas. Importantes órgãos de financiamento estão atrelados ao MCTI: CNPQ, FINEP, FNDCT, GEF.
MME - Ministério de Minas e Energia (www.mme.gov.br)	Gere as áreas de geologia, recursos minerais e energéticos; aproveitamento da energia hidráulica; mineração e metalurgia; e petróleo, combustível e energia elétrica, incluindo a nuclear. Cabe ao MME garantir a segurança energética do país. O Plano Nacional de Eficiência Energética (2011) traz diretrizes específicas para as empresas otimizarem o uso de energia e sua eficiência. PETROBRÁS e ELETROBRÁS são entidades deste ministério.
CNTL – Centro Nacional de Tecnologias Limpas (http://www.senairs.org.br/cntl/)	O objetivo do CNTL é incentivar o desenvolvimento sustentável, sempre buscando uma maior eficiência dos processos econômicos para as empresas. O CNTL chama para si o papel de influenciar as políticas públicas nacionais relacionadas à gestão ambiental das organizações, como também o de preparar consultores através de capacitação teórico-prática. Contribuiu decisivamente na instalação de vários núcleos de P+L em todo o país. Suas ações nos Estados é feita em articulação com o CNI e a Federações das Indústrias locais.
CEBDS – Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (www.cebds.com)	Criado em 1997 por empresários. Lidera esforços para implantação no país do desenvolvimento sustentável, promovendo seminários, reuniões, debates e trabalhando com organizações governamentais, não-governamentais e instituições acadêmicas, através de suas câmaras técnicas especializadas, entre elas P+L. Ao CEBDS, vinculava-se a Rede Brasileira de P+L.
CNI - Confederação Nacional das Indústrias (www.cni.org.br)	É a entidade máxima das indústrias brasileiras. O Conselho Temático Permanente de Meio Ambiente formula linhas de ação para aumentar a competitividade das indústrias a partir da preservação do meio ambiente. Possui assento nos principais conselhos, comissões e câmaras formuladores de políticas públicas do país. Dentro do 'Sistema Indústria' encontram-se o SENAI e o IEL, importantes entidades que oferecem em todo o país capacitação e/ou prestação de serviços na área ambiental.
SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio a Micro e Pequenas Empresas (www.sebrae.com.br)	Possui ações, projetos, produtos e serviços que consideram que a cultura do aprendizado e do uso do conhecimento pode garantir uma gestão competitiva, eficiente e moderna dos micro e pequenos negócios. Busca promover a competitividade e a sustentabilidade do país. Está presente em vários espaços de formulação de políticas públicas ambientais e em alguns momentos com parcerias para promover a P+L nos estados.

acesso às informações pertinentes, se é que existem registros das mesmas. Pimenta e Gouvinhas (2011) dão uma noção quantitativa ao afirmarem que a estrutura de P+L no país promoveu a implementação da P+L em mais de 300 empresas, melhorando o desempenho ambiental e econômico destas organizações. De fato práticas limpas ocorrem em muitas empresas, de todos os setores, de todos os portes, ao longo do território brasileiro, e podem ser motivadas por um processo de certificação, por pressão das leis, dos clientes ou apenas por ciência de seus grandes benefícios. Mas, são raros os casos com informações acessíveis, que possibilitem formar um panorama fidedigno da P+L, nas empresas ou nos órgãos governamentais.

Atores e seus papéis na P+L brasileira

Após o levantamento da trajetória da P+L no Brasil, realizou-se um levantamento nos principais órgãos relacionados à P+L para esclarecer qual a postura institucional de cada um perante esta temática.

No tabela 2 são apresentadas as instituições públicas e privadas envolvidas atualmente com a divulgação da P+L ou da gestão ambiental nas organizações, e seus respectivos papéis neste processo.

Layrargues (2000), afirma que o cenário brasileiro ainda não permite que o planejamento das políticas ambientais enfatize o enfrentamento da problemática ambiental no âmbito industrial unicamente por meio do mercado. O autor cita a pesquisa de Tigre (1994), a qual demonstrou que a regulamentação governamental é o principal indutor da adoção de soluções ambientais pela indústria. Assim, o mercado, sozinho, é insuficiente para alterar o comportamento das empresas em relação ao meio ambiente. É necessária a intervenção do governo através de políticas públicas eficientes que estimule à reconversão industrial pelas tecnologias limpas. Essa construção das políticas públicas exige uma parceria e corresponsabilidade entre os dois setores – governo e empresas.

Esta necessidade de articulação entre governo e empresa também é apontada no trabalho de Rosa (2005), o qual traz que a efetiva gestão ambiental se dá pela integração entre os dois sistemas: sistema ambiental público e sistema ambiental privado. O sistema público estabelecendo políticas, elaborando leis, fiscalizando e punindo o próprio Estado, as pessoas físicas e as empresas. O sistema privado, por sua vez, buscando estabelecer suas próprias políticas, estratégias e seus modelos de gestão que estejam em conformidade com a legislação, primordialmente, e com o mercado em que atua, respeitando e protegendo assim o meio ambiente e as comunidades locais.

Acserald (2001) também aborda as dificuldades de se fazer gestão ambiental no Brasil. Analisando as políticas públicas ambientais, o autor afirma que após 30 anos de política ambiental, a ação governamental é caracterizada pelo total isolamento entre o setor ambiental do governo e os mecanismos da efetiva gestão estatal do meio ambiente. Para o autor, a fragmentação e a pulverização das instâncias de decisão da política ambiental exprimem o fato de que a gestão ambiental não é ainda questão de Estado no Brasil.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo desta análise qualitativa contextualizada, verificou-se que a inserção da P+L no país ocorreu com a criação do CNTL, seguida do apoio de outras instituições, principalmente da iniciativa das instituições em torno da Rede Brasileira de P+L, que instalou núcleos em todos os estados brasileiros. O governo apoiou a P+L através da criação dos fóruns estaduais de P+L em alguns estados e na elaboração de plano e programas, como por exemplo, o PPCS. Porém, o arranjo tanto dos núcleos quanto dos fóruns não se manteve.

Nos documentos dos ministérios (programas, planos) percebe-se alguma articulação entre os órgãos descritos no quadro 2 no que diz respeito a P+L. Todos possuem em seus objetivos, ações, programas e planos a preocupação com a gestão ambiental, e estimulam seu desenvolvimento nas organizações. Muitas destas ações são dissociadas de objetivos comuns e não são claramente divulgadas em nível nacional. Como a integração destas ações fica prejudicada, o que se observa são medidas pontuais em alguns setores, em alguma região, ou em alguma empresa específica e com isso resultados parcos e não visíveis.

Apesar da constatação que os ministérios e órgãos privados incentivam uma produção mais limpa, o país não possui nenhuma política específica para a P+L. Percebe-se que as políticas atuais dão indicativos para sua implementação de forma voluntária, mas não há medidas institucionais voltadas para a gestão ambiental nas empresas, ou seja, há um descompasso entre as ações do governo e as demandas da sociedade. As organizações adotam ou não abordagens mais responsáveis, motivadas por interesses próprios ou para indiretamente atender alguns mecanismos de comando e controle, como o licenciamento ambiental.

O panorama atual é insuficiente para promover a P+L, os resultados são pouco visíveis e não chegam às organizações. A temática perdeu ao longo desses anos muito espaço institucional e político. Apesar da evolução do conceito para

Produção e Consumo Sustentável, conforme proposto na minuta do PPCS, há muito que se construir, principalmente em termos de políticas públicas.

Durante sua trajetória, o conceito de P+L vem sendo adaptado por seus promotores, às necessidades e discussões globais. Os processos passaram a ser considerados de forma mais sistêmica e foram incluídas ferramentas para melhorar a produtividade e a qualidade de vida da população, elementos que podem ser constatados no âmbito das decisões globais e nas diretrizes do UNEP.

A inserção da P+L no país exigirá muita articulação política dos atores envolvidos a fim de fazer chegar as informações em cada organização independente de sua atividade ou porte. As políticas públicas no Brasil precisam colocar no mesmo nível os mecanismos de prevenção e aqueles de comando e controle. É preciso desenvolver mecanismos que deem sustentação aos programas e planos de governo e de entidades privadas voltados para a gestão ambiental de organizações. Ações neste sentido, quando existentes, em geral têm vida breve, já que ficam dependentes de vontades políticas e tendem a ser abandonadas ou substituídas por outras a cada novo governo ou gestão, não configurando de fato uma política do país e, sim, uma política pessoal de quem está no comando naquele momento.

Percebe-se que esta fragilidade quanto à P+L poderia ser reforçada com a criação de uma política única que fosse catalisadora das iniciativas de governo dispersas nos vários ministérios. Com uma política nacional voltada para a P+L haveria a garantia da permanência destas iniciativas, ao longo de sucessivos governos. Uma política que pudesse abranger os pilares desta construção como formação profissional adequada, pesquisa e inovação, fomento específico, linhas de crédito, entre outros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACSERALD, Henri. Políticas ambientais e construção democrática. *In* O desafio da sustentabilidade: um debate socioambiental no Brasil. Gilney Viana, Marina Silva, Nilo Diniz (org.). São Paulo: Editora Perseu Abramo, 2001. P.75-96.

BRASIL. Decreto Federal n. 7.390, de 9 de dezembro de 2010. Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7390.htm. Acesso em 04/01/12.

BRASIL. Lei Federal n. 12.305, de 25 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em 05/01/2012.

CEBDS. Disponível em www.cebds.com.br. Acesso em 08/02/2012.

CEBDS. Guia de Produção Mais Limpa – faça você mesmo. 2003. Disponível em http://www.cebds.org.br/cebds/eco-rbe-publicacoes.asp.

CNI. www.cni.org.br. Acessado em 24/07/2011.

CNI - Confederação Nacional da Indústria. A indústria e o Brasil: uma agenda para o crescimento. Brasília, 2002.

CNTL. Centro Nacional de Tecnologias Limpas. Disponível em http://www.senairs.org.br/cntl/. Acesso em 06/01/2012.

CNTL. INFORMATIVO MARÇO 2011. Ano 10, Nº 85. FIERGS/SENAI. Disponível em http://www.senairs.org.br/cntl, Acessado em 27/08/2011.

FERNANDES, V.; SANT'ANNA, F. S. P. A Inserção da dimensão ambiental nas indústrias catarinenses e sua correlação com as políticas públicas. Revista Brasileira de Ciências Ambientais, v. 06, p. 04-08, 2007.

LAYRARGUES, Philippe Pomier. Sistemas de gerenciamento ambiental, tecnologia limpa e consumidor verde: a delicada relação empresa-meio ambiente no ecocapitalismo. RAE – Revista de Administração de Empresas. Abr/Jun 2000. V.40. p.40-88.

MCTI. Ministério da Ciência e Tecnologia e Inovação. www.mcti.gov.br. Acesso em 06/01/2012.

MDIC. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio. www.mdic.gov.br. Acesso em 06/01/2012.

MME. Ministério de Minas e Energia. www.mme.gov.br. Acesso em 06/01/2012.

MMA. Ministério do Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Amazônia.

MMA. Palestra realizada no evento Rede CNI de Produção mais Limpa Região Centro-Oeste. Goiânia. 2008. Disponível em http://www.senairs.org.br/cntl. Acessado em 27/08/2011.

MMA. Portaria nº 454, de 28/11/2003.

MMA. Portaria 44/08, de 13/02/2008.

MMA. Comitê gestor nacional de produção e consumo sustentável. Plano de ação para produção e consumo sustentáveis – PPCS – versão para consulta pública setembro, 2010.

PIMENTA, H. C. D.; GOUVINHAS, R. P.Cleaner Production as a Corporate Sustainability Tool: An Exploratory Discussion. In III International Workshop Advances in Cleaner Production: CLEANER PRODUCTION INITIATIVES AND CHALLENGES FOR A SUSTAINABLE WORLD. São Paulo – Brazil – 18 – 20 May de 2011.

Plano Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC. Disponível em http://www.fiesp.com.br/arquivos/2011/mudanca_do_clima/pnmc.pdf. Acesso em 04/01/12

RIBEIRO, F. M., PACHECO, J. W. F. Cleaner Production at an Environmental Agency: 15 Years of Experience at CETESB, Sao Paulo – Brazil. In III International Workshop Advances in Cleaner Production: CLEANER PRODUCTION INITIATIVES AND CHALLENGES FOR A SUSTAINABLE WORLD. São Paulo – Brazil – 18 – 20 May de 2011.

ROSA, Christian. Gestão por programas e gestão ambiental : uma avaliação da experiência recente do Ministério Público catarinense. Florianópolis, 2005. 198 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

SEBRAE. www.sebrae.com.br. Acesso em 08/02/2012.

SEBRAE/CEBDS. PmaisL – Rede Brasileira de Produção mais Limpa: Relatório 10 anos de parceria. 2010. Disponível em http://www.pmaisl.com.br/publicacoes/relatorio_10anos.pdf. Acesso em 18/08/2011.

SENAI/CNTL. Questões ambientais e Produção mais Limpa. Porto Alegre, UNIDO, UNEP, Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI, 2003. 126 p. il. (Série Manuais de Produção mais Limpa).

UNIDO/UNEP. Guidance Manual: How to establish and Operate Cleaner Production Centres. 2004. 231 p. Disponível em http://www.unep.fr/scp/cp/publications/. Acesso em 24/08/2010.

UNEP. Áreas foco. Disponível em http://www.unep.org/resources/business/Focus_Areas/. Acesso em 11/03/2012.

UNEP. Global Framework for Action on SCP - Marco Global para Ação em Produção e Consumo Sustentável. Disponibilizadas em: http://www.unep.fr/scp/marrakech. Acesso em 11/03/2012.

UNIDO, 2011. www.unido.org. Acessado em 27/08/2011.

UNIDO/UNEP. Independent Evaluation of the UNIDO-UNEP. Cleaner Production Programme. 2008. Disponível em http://www.unido.org/fileadmin/user_media/About_UNIDO/Evaluation/CP_Program_Evaluation_Report_May_2008.pdf. Acesso em 31/01/2012.

Recebido em: mar/2011
Aprovado em: jun/2012

Rejeitos radioativos de baixo e médio nível: levantamento da variação de volume Armazenado e disposto

Low and intermediate level radioactive waste: variation of stored and disposed volume

RESUMO

A utilização da energia nuclear é um tema complexo, sendo amplamente discutido em todo o mundo sem que haja um consenso sobre o tema. Os opositores do setor enfatizam a necessidade de se investir em fontes alternativas de energia e criticam a energia nuclear, entre outras questões, devido aos problemas referentes ao armazenamento dos rejeitos radioativos. Todavia, a inserção da opção nuclear na matriz mundial de energia cresceu nas últimas décadas e hoje corresponde a cerca de 15% de toda a eletricidade gerada no mundo. Neste trabalho, efetuou-se um levantamento da variação do volume dos rejeitos radioativos de baixo e médio nível existentes em vários países. Foram estudados os rejeitos armazenados em depósitos intermediários e também os que foram para disposição final. Verificou-se que o volume de rejeitos gerados e sua taxa de crescimento é limitada quando comparada, por exemplo, aos resíduos urbanos gerados em grandes metrópoles.

PALAVRAS-CHAVE: rejeitos radioativos, energia nuclear, instalações nucleares.

ABSTRACT

The use of nuclear energy is a complex issue being widely debated around the world, without any consensus on the matter. The opponents of the sector emphasize the need to invest in alternative energy sources and criticize, among other issues, problems concerning the storage of radioactive waste. However, the inclusion of the nuclear option in the global energy matrix has risen significantly in recent decades, and today this area represents about 15% of all electricity generated in the world. In this work an evaluation of changes in the volume of radioactive waste in various countries around the world was performed. The volume of waste disposed, as well as the intermediately stored, was evaluated. It was verified that the volume of waste generated and its growth rate is limited when compared, for example to the urban waste generated in big cities.

KEYWORDS: radioactive waste, nuclear energy, nuclear facilities.

Vinícius V. M. Ferreira
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil
vvmf@cdtn.br

Bruna L. Aleixo
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil
bla@cdtn.br,

Bárbara M. A. Ulhoa
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil
barbaradjuto@hotmail.com

Valeria Cuccia
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil
vc@cdtn.br

INTRODUÇÃO

A busca da melhor opção para a geração de energia elétrica sem que ocorram danos ambientais significativos é um processo dinâmico e que envolve muitas questões. No entanto, as respostas obtidas não podem ser consideradas como uma regra geral. As características econômicas e particulares de cada país são os fatores-chave para as suas escolhas energéticas. Em alguns casos, a saúde humana, a qualidade ambiental e outros vários outros aspectos associados a esta pergunta não são considerados como deveriam no processo decisório (GARRET, 1995).

Muitos exemplos mostram que os impactos ambientais nem sempre foram avaliados no processo de tomada de decisão. Em alguns casos, os estudos mostraram que, mesmo cientes dos danos à saúde humana associados à construção de usinas hidrelétricas, algumas autoridades decidiram não considerá-las devido aos custos adicionais que as medidas de mitigação criariam. Como exemplo, no Senegal, os estudos de impactos associados à saúde necessários para a construção das barragens de Diama e Manantali não foram realizados devido aos custos adicionais envolvidos. Como resultado dessa omissão, a população local enfrentou surtos de várias doenças, como a esquistossomose, malária e febre do Vale Rift (FERREIRA, 2004).

As plantas termelétricas também geram sérios danos ao meio ambiente. Em um passado recente, na parte sul da Polônia, a velocidade máxima em estradas de ferro era de 40 km/h, devido à corrosão dos trilhos, causada pela chuva ácida. A grande quantidade de óxidos de enxofre gerados no país devido ao uso de carvão em centrais térmicas foi considerada a principal causa do problema. No Canadá, a chuva ácida é vista pela população como o pior problema ambiental do país e até mesmo as paredes do parlamento nacional, feitas de pedra calcária, estão se degradando devido a esta questão. Além disso, a "mapletree", um símbolo nacional representado na bandeira do país e matéria-prima de doces e xaropes canadenses, também está ameaçada por este problema (FERREIRA et al., 2009).

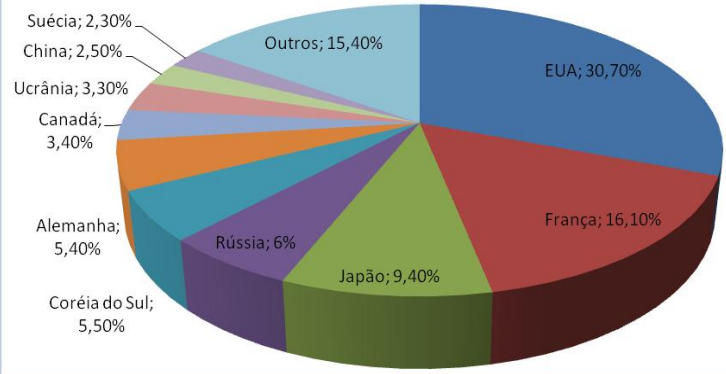
Na realidade, não é uma tarefa fácil encontrar a solução adequada para a equação energia x meio ambiente. A opção nuclear é amplamente debatida e os recentes eventos no Japão trouxeram novamente esta questão ao centro de inúmeras discussões em todo o mundo.

DADOS DO SETOR ENERGÉTICO NUCLEAR

Na Figura 1, são mostrados os principais produtores de energia elétrica a partir da fonte nuclear (IEA, 2010) e na Tabela 1 é apresentado um cenário atualizado dos reatores nucleares de potência ao redor do mundo (CUCCIA et al., 2011).

No Brasil, a usina nuclear de Angra 3 está em construção e o Governo Federal pretende construir quatro outras centrais até 2030 (cabe ressaltar que após os eventos em Fukushima, o Governo Federal declarou que esta previsão será revista no devido tempo).

Segundo a IAEA - Agência Internacional de Energia Atômica, as plantas de energia nuclear geram quase 14% da eletricidade produzida no mundo. Em 1973, o setor nuclear era responsável por apenas 0,9% da oferta total de energia primária no mundo. Em 2008, esse valor estava perto de 6% (IAEA, 2010). Este fato traz como consequência a existência de um grande número de instalações necessárias ao processo de gerência de rejeitos radioativos, conforme apresentado na Tabela 2 (CUCCIA et al., 2011), pois as usinas nucleares geram rejeitos radioativos, assim como as aplicações nucleares em hidrologia,



País	Potência (TWh)
EUA	838
França	439
Japão	258
Rússia	163
Coréia do Sul	151
Alemanha	148
Canadá	94
Ucrânia	90
China	68
Suécia	64
Outros	418

Figura 1 - Principais produtores de energia elétrica de fonte nuclear (Adaptado de IEA, 2010).

Tabela 1 – Panorama das usinas nucleares no mundo (Adaptado de CUCCIA et al., 2011).

País	Planejada/ Proposta	Em construção	Em operação	Desativada
África do Sul	6	-	2	-
Alemanha	-	-	17	19
Argentina	3	1	2	
Armênia	1	-	1	1
Bélgica	-	-	7	1
Brasil	4	1	2	
Bulgária	2	-	2	4
Canadá	6	2	18	7
Cazaquistão	4	-		1
Chile	4	-	-	-
China	160	-	27	13
Coréia do Sul	6	5	21	
Egito	2	-	-	-
Emirados Árabes	14	-	-	-
Eslováquia	1	2	4	3
Eslovênia	1	-	1	-
Espanha	-	-	8	2
EUA	32	1	104	29
Finlândia	1	-	4	-
França	2	1	58	11
Holanda	1	-	1	2
Hungria	2	-	4	
Índia	58	5	20	-
Indonésia	6		-	-
Irã	3	1	-	-
Itália	-	-	10	4
Japão	15	2	57	6
Lituânia	-	-	1	2
México	2	-	2	-
Paquistão	4	-	3	-
Polônia	6	-	-	-
Reino Unido	13	-	19	26
República Tcheca	3	-	6	-
Romênia	3	-	2	-
Rússia	44	10	32	5
Suécia	-	-	10	3
Suíça	3	-	5	
Tailândia	5	-	-	-
Turquia	8	-	-	-
Ucrânia	22	-	15	4
Vietnã	14	-	-	-

saúde, engenharia, agricultura e medicina, entre outras.

Vale mencionar que o conceito de rejeito radioativo se aplica a qualquer material resultante da atividade humana que contenha radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de isenção especificados em normas e para o qual a reutilização é imprópria ou não prevista (IAEA, 2003).

Em relação às instalações para gerência de rejeitos, armazenamento significa conter os rejeitos de maneira segura, com intenção de removê-los. O repositório é um local para disposição final dos rejeitos de forma segura. Esta deposição definitiva dos rejeitos implica que não há intenção de removê-los futuramente (FERREIRA et al., 2011).

Tabela 2 – Instalações para gerência de rejeitos radioativos de baixo e médio nível (Adaptado de CUCCIA et al., 2011).

País	Instalação de processamento	Deposição intermediária	Repositório em operação	Repositório Proposto
Áustria	6	2		
Bielo Rússia	1	3	20	
Bélgica	10	13	1	
Bulgária		9	4	
República Tcheca	11	10	4	
Estônia	1	1	1	
Finlândia	54	10	4	
França	6	8	3	
Alemanha		18	3	
Hungria	4	2	3	
Itália	2	16		
Lituânia	3	4		
Holanda	3	1		
Romênia	2	3	1	
Eslováquia	6	5	1	
Eslovênia	1	3	1	
Espanha	13	15	2	
Suécia	19	3	7	
Suíça	10	8	5	
Ucrânia	6	20	27	
Reino Unido	51	49	2	
Madagascar		7		
China		33	2	4
Índia			7	
Indonésia	2	2	1	
Irã	1	2	1	
Japão	13	38	4	
Kuwait		3		
Malásia	1	2	1	
Paquistão		3		
Coréia do Sul	7	9	1	
Singapura		2	1	
Tailândia	1	3		1
Austrália	6	15	2	
Argentina	6	11	3	
Brasil	5	5	2	
Canadá	4	22		1
Chile	1	3		
Cuba	1	1	1	
México	2	6	2	
Peru	2	1	1	
EUA	21	24	34	

Obs.: Países com apenas uma instalação: Irlanda, Equador, Uruguai, Colômbia, Tunísia, Armênia, África do Sul, Gana, Nigéria, Moldávia, Dinamarca, Portuga, Grécia, Ilhas Maurício, Vietnã, Letônia.

Com duas instalações: Croácia, Noruega, Egito, Marrocos, Bangladesh, Síria, Taiwan, Turquia e Filipinas.

Tabela 3 - Instalações de disposição final analisadas (Adaptado de IAEA, 2011).

País	Nome da instalação (conforme citado no relatório da AIEA)
Argentina	Ezeiza Waste Management Area
Bulgária	Novi Han
Finlândia	Loviisa NPP and Olkiluoto NPP
Noruega	Combined disposal and storage facility for LILW
Romênia	National Institute for Development & Research for Physics and Nuclear Engineering
Suécia	OKG NPP, Forsmark NPP, Ringhals NPP, Repository for Radioactive Operational Waste and Studsvik Research Center
Ucrânia	Dnipropetrovsk SISE (State Interregion Special Enterprise), Kharkov SISE, Kiev SISE, Odessa SIS, State Special Enterprise "Komplex"
EUA	Hanford Site, Idaho National Laboratory, Los Alamos National Laboratory, Nevada Test, Oak Ridge Reservation, including Oak Ridge National Laboratory and East Tennessee Technology Park, Savannah River Site
Eslováquia	Near Surface Disposal Facility
República Checa	URAO Richard, URAO Dukovany, URAO Bratrstvi
Espanha	El Cabril

RADIOATIVOS

Para se avaliar a quantidade de rejeitos de baixo e médio de atividade que está disposta nos repositórios, foram analisados os relatórios anuais da IAEA, considerando sempre que possível um intervalo da ordem de 5 anos.

Em alguns casos, não foi possível efetuar a avaliação devido à ausência de dados. Como exemplo, o Japão, em seu último relatório disponível, não especifica os repositórios de forma individual, mas informa o volume total existente em todas as instalações. No entanto, relatórios anteriores foram preparados utilizando outra metodologia, discriminando o volume de rejeitos por instalações. Uma vez que não é possível verificar se as mesmas instalações foram consideradas em todos os relatórios, os dados deste país não foram avaliados. Da mesma forma, o relatório da França, país onde cerca de 80% da energia gerada é de fonte nuclear, apresenta os dados sob o nome de "Todas as instalações francesas", não sendo possível analisar quais são as instalações consideradas quando o volume total de rejeitos é fornecido, o que também impossibilita a análise para este país.

A Tabela 3 mostra quais as instalações para o armazenamento de rejeitos foram analisadas e a Tabela 4 apresenta os dados associados ao volume de rejeitos radioativos existentes nos depósitos avaliados neste estudo (IAEA, 2011). Ressalta-se que a Tabela 4 não apresenta os dados da Croácia, do Kuwait e do Irã, pois se verificou que não houve variação do volume de rejeitos armazenados no intervalo 2003/2008.

Observa-se que a quantidade de rejeitos armazenada diminuiu na Noruega e na Suécia. Esta situação não seria esperada, considerando que os rejeitos, uma vez em disposição final, estão tratados e acondicionados e não são mais removíveis do local. É possível que estas discrepâncias estejam relacionadas a diferentes interpretações na maneira de reportar os dados à AIEA. Como os relatórios da AIEA não descrevem maiores detalhes, esses casos merecem uma investigação mais aprofundada, o que foge ao escopo deste trabalho.

DEPOSIÇÃO INTERMEDIÁRIA DE REJEITOS RADIOATIVOS

Da mesma forma também foi avaliado o volume de rejeitos radioativos armazenados, aguardando pela disposição final, o que significa que estes podem ser transportados e alocados em outros sítios.

Assim como para a disposição final, para deposição intermediária também não foi possível verificar qual a variação de volume ocorrida em alguns casos. Tomando como exemplo a Argentina, os dados associados ao volume de rejeitos radioativos armazenados nas usinas nucleares de Embalse e Atucha I não foram avaliados, visto que estes estão disponíveis para o ano de 2008, mas não para períodos anteriores. No entanto, para a instalação de gerenciamento de rejeitos radioativos existente em Ezeiza, o inventário de volume está disponível para um intervalo de cinco anos.

Tabela 4 – Volume de rejeitos de baixo e médio nível de atividade em disposição final.

País	Volume de armazenamento definitivo (metros cúbicos)		Variação do Volume (%)
Argentina	**2003** 2.885	**2008** 2.924	1
República Checa	**2003** 5.098	**2008** 6.917	26
Finlândia	**2003** 2.384	**2008** 6.516	173
Noruega	**2003** 434	**2008** 341	-21
Romênia	**2003** 1.330	**2008** 1.867	40
Suécia	**2003** 49.400	**2008** 47.567	-4
Ucrânia	**2003** 569.334	**2008** 623.160	9
EUA	**2003** 6.807.726	**2008** 7.655.190	12
Bulgária	**2003** 245	**2008** 245	0
Espanha	**2004** 51.170	**2007** 55.988	9
Eslováquia	**2003** 1.786	**2008** 5.558	211
Total	7.491.793	8.406.275	11

Desta forma, neste caso, foi possível se fazer a avaliação proposta.

A Tabela 5 apresenta alguns dos dados avaliados (IAEA, 2011). Cabe ressaltar que rejeitos de alto nível não são considerados nesta avaliação, e sim apenas aqueles de baixo e médio nível de atividade.

A Tabela 6 mostra alguns dados associados à quantidade de rejeitos radioativos que se encontram armazenados nos locais listados na Tabela 5. Assim como na Tabela 4, os volumes dos rejeitos foram obtidos nos últimos relatórios disponíveis publicados pela IAEA (IAEA, 2011).

ACEITAÇÃO PÚBLICA DO TEMA

A aceitação pública talvez seja o maior desafio associado ao setor nuclear. As Figuras 2 e 3 mostram algumas pesquisas de opinião realizadas recentemente sobre este tema, antes e após os eventos em Fukushima, Japão. Na Figura 2, é mostrada a percepção do tema no Brasil e na Figura 3, a opinião da população de vários países (ULHOA et al., 2011).

DISCUSSÃO

Embora a geração de rejeitos radioativos seja vista por parte da opinião pública como uma desvantagem da produção de energia nuclear, o volume gerado é muito menor do que aquele proveniente de diversas outras atividades. Como exemplo, alguns estudos mostram que o Brasil produz cerca de 240 mil toneladas de resíduos domésticos todos os dias. Nos EUA, esse número está perto de 607 mil toneladas diárias, na Alemanha 85 mil e na Suécia, 10.400 toneladas. Uma cidade como São Paulo gasta, em geral, 500 mil dólares por dia para resolver questões relacionadas com os resíduos urbanos gerados.

Na China, os problemas relacionados com a quantidade de resíduos domésticos não são diferentes. Atualmente, o acúmulo de resíduos sólidos no país atingiu 7 milhões de toneladas, o que traz grandes dificuldades para a sua deposição. Segundo informações da imprensa e da Comissão do Governo Municipal de Pequim, a produção diária de resíduos na capital alcançou a marca de 18.400 toneladas, aumentando a uma taxa de 8% ao ano. No entanto, a cidade tem capacidade de lidar com apenas 10.400 toneladas diárias e, nesse ritmo, os 13 aterros sanitários em

Tabela 5 - Instalações analisadas – deposição intermediária (Adaptado de IAEA, 2011).

País	Instalações
Argentina	Ezeiza Waste management area
Bélgica	Belgoprocess, sites 1 and 2 and Umicore N.V.
Brasil	Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto
Bulgária	Novi Han Repository
Canadá	All facilities in the country
Chile	Centro de Estudios Nucleares Lo Aguirre
Croácia	Institute Rudjer Boskovic
República Checa	Nuclear Research Institute Rez and URAO Richard
Estônia	The Former Soviet Navy Nuclear Training Centre
Finlândia	Loviisa NPP, Olkiluoto NPP, Storage for Stated Owned Waste and VTT FIR
Indonésia	Radioactive Waste Management Development Center, BATAN
Irã	Anarak Storage Building
Kuwait	Kuwait Cancer Control Centre, Faculties of Science and Medicine –
Malásia	Malaysian Nuclear Agency – Radioactive Waste Management Centre
Noruega	Combined disposal and storage facility for LILW, Institute for Energy Technology Waste treatment plant Storage facilities
Filipinas	Radiation Protection Services
Romênia	National Institute for Development & Research for Physics and Nuclear Engineering, Authonomus Company for Nuclear Activities, Nuclear Research Institute Pitesti and National Company NUCLEARELECTRICA, CNE –PROD
Eslováquia	NPP Jaslovske Bohunice and NPP Mochovce
Eslovênia	Central Storage Facility for Radioactive Waste in Brinje (CISF) and Krsko NPP
Espanha	Vandellos I NPP under decommissioning and El Cabril
Suécia	Interim Storage Facility for Spent Nuclear Fuel, Studsvik Research Center and OKG NPP
Tailândia	All facilities in the country
Ucrânia	Chernobyl NPP, Khmelnitsky NPP, Riven NPP, South Ukraine NPP, Zaporizhzhya NPP, Dnipropetrovsk SISE (State Interregion Special Enterprise), Kharkov SISE, Kiev SISE, Odessa SISE, State Special Enterprise "Komplex"
EUA	Grouping of multiple licenses, Waste Control Specialists, Hanford Site, Idaho National Laboratory, Los Alamos National Laboratory, Lawrence Livermore National Laboratory, Nevada Test, Oak Ridge Reservation, including Oak Ridge National Laboratory and East Tennessee Technology Park, All other US Department of Energy sites with radioactive processing facilities and/or ongoing remedial action, Paducah Gaseous Diffusion Plant, Portsmouth Gaseous Diffusion Plant, Savannah River Site, West Valley Demonstration Project, formerly West Valley Nuclear Services

Observação: NPP = Nuclear Power Plant (Usina Nuclear)

Tabela 6 – Volume de rejeitos radioativos de baixo e médio nível em depósitos intermediários

País	Volume de Armazenamento Temporário (metros cúbicos) e anos		Variação de Volume (%)
Argentina	**2003** 241	**2008** 544	125
Bélgica	**2003** 66.595	**2007** 65.157	-2
Brasil	**2005** 2.041	**2008** 2.280	11
Bulgária	**2003** 362	**2008** 635	75
Canadá	**2003** 1.562.000	**2006** 2.294.650	47
Chile	**2003** 14	**2008** 20	37
República Checa	**2003** 677	**2008** 604	-11
Estônia	**2003** 751	**2008** 850	13
Finlândia	**2003** 1.503	**2008** 2.849	89
Indonésia	**2003** 45	**2008** 273	504
Malásia	**2003** 370	**2007** 193	-48
Noruega	**2003** 102	**2008** 365	258
Filipinas	**2003** 17.3	**2008** 79	357
Romênia	**2003** 396	**2008** 428	8
Eslováquia	**2003** 40.770	**2008** 15.240	-63
Eslovênia	**2003** 2.278	**2008** 3.409	49
Espanha	**2004** 6.221	**2007** 7.684	23
Suécia	**2003** 3.192	**2008** 3.547	11
Tailândia	**2003** 102	**2008** 107	5
Ucrânia	**2003** 1.332.568	**2008** 1.993.153	49
EUA	**2003** 541.217	**2008** 496.317	-8
Total	3.520.713	4.888.407	28

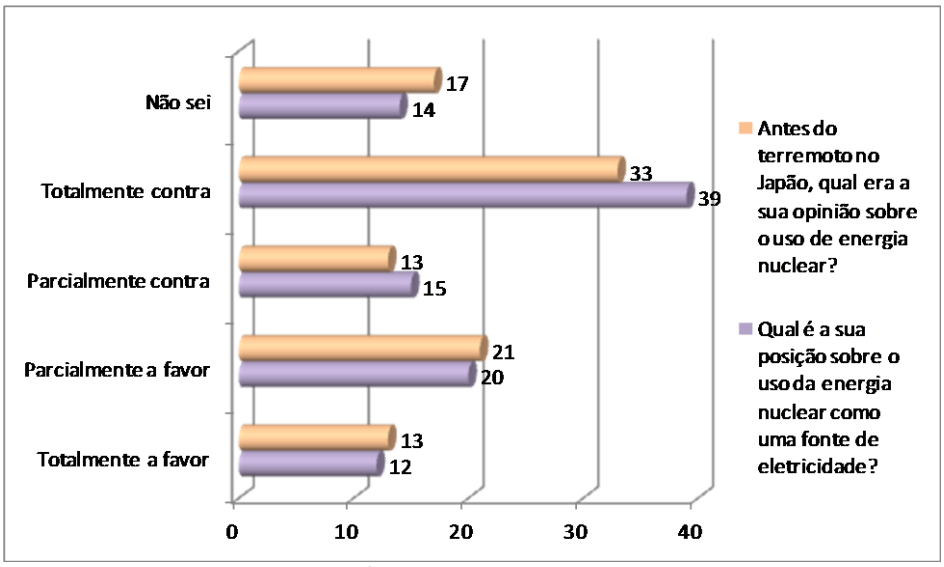


Figura 2 - Enquete feita no Brasil sobre a energia nuclear.
(Adaptado de ULHOA et al., 2011).

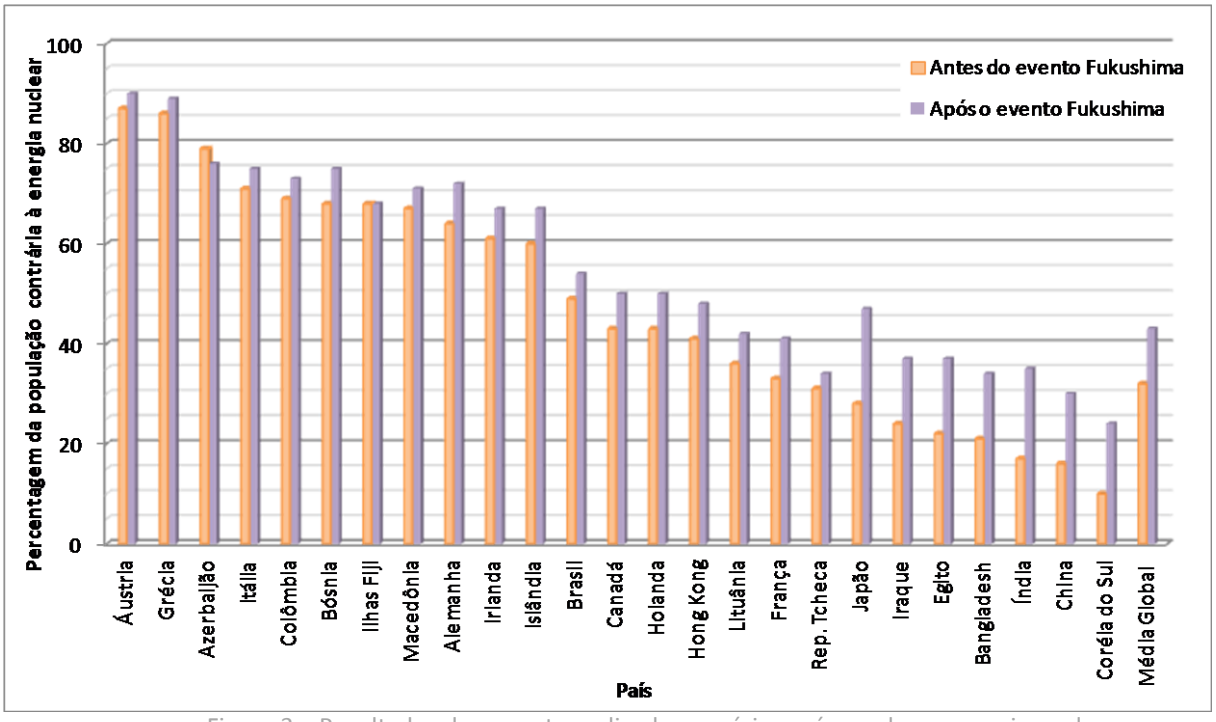


Figura 3 – Resultados de enquete realizada em vários países sobre a energia nuclear.
(Adaptado de ULHOA et al., 2011).

com um relatório de pesquisa de 2008, apenas a menor parte dos resíduos domésticos da China tem sido tratada de forma adequada, enquanto que os 70% restantes ainda precisa ser processado (ULHOA et al., 2011).

Estima-se que a quantidade total de resíduos domésticos gerados na África do Sul seja da ordem de 15 milhões de toneladas ao ano. Nos EUA, cada pessoa no estado do Texas gera cerca de 1 tonelada de resíduos domésticos ao ano. Segundo o IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, a produção de resíduos sólidos no

Brasil passou de 125.000 toneladas ao dia em 2000 para 260.000 em 2008 (IBGE, 2011).

CONCLUSÕES

Discussões relacionadas aos benefícios e malefícios das usinas nucleares são infindáveis, sendo que as questões associadas à gerência dos rejeitos radioativos são consideradas por grande parte da sociedade como o aspecto mais sensível dentro deste tema. É válido observar que, embora os rejeitos radioativos sejam inegavelmente um resíduo perigoso, a quantidade gerada é muito menor do que, por exemplo, os resíduos domésticos, dos quais são geradas milhares de toneladas diariamente.

Os dados apresentados neste estudo mostram que:

- a quantidade de rejeitos radioativos armazenados de forma não definitiva nas instalações analisadas diminuiu nos EUA, República Checa, Eslováquia, Malásia e Bélgica. Os relatórios da IAEA não fornecem indicações sobre o motivo pelo qual este fato está acontecendo. Uma possibilidade a ser estudada é se os resíduos estão sendo deslocados para locais permanentes;
- por outro lado, o volume de rejeitos dispostos neste mesmo cenário (não definitivo) cresceu sobremaneira na Finlândia, Canadá, Eslovênia, Ucrânia e Espanha;
- no caso dos rejeitos alocados em repositórios, houve diminuição de volume na Noruega e Suécia, situação que pode estar relacionada a diferentes interpretações para reportar dados à IAEA;
- inversamente, os países em que houve aumento significativo dos rejeitos armazenados em repositórios foram República Checa, Eslováquia, Finlândia e Romênia;
- em alguns casos, os valores percentuais apresentados nas tabelas são significativos, todavia os valores absolutos envolvidos no aumento dos volumes são pequenos, como por exemplo, no caso da Indonésia e Filipinas.

A aceitação pública do setor nuclear continua sendo um desafio para os profissionais da área e, entre todas as questões, a gestão de resíduos radioativos é sempre motivo de grande preocupação da população. É de suma importância que não sejam poupados esforços e investimentos para que os desafios de comunicação pública e responsabilidade social na área nuclear sejam enfrentados, com transparência e responsabilidade.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPEMIG e ao CNPq pelas bolsas de IC das alunas Bárbara Ulhoa e Bruna Aleixo.

REFERÊNCIAS

CUCCIA, V., UEMURA, G., FERREIRA, V.V.M., MALTA, R.S.V. & TELLO, C.C.O. *An Updated Overview of Low and Intermediate Level Waste Disposal Facilities around the World.* Trabalho apresentado ao INAC - International Atlantic Nuclear Conference, Belo Horizonte, 2011.

FERREIRA, V.V.M. *Avaliação de Externalidades do Setor Hidrelétrico no Estado de Minas Gerais.* Belo Horizonte: UFMG, 2004. Tese (Doutorado)- Programa de Pós Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da UFMG, Belo Horizonte, 2004.

FERREIRA, V.V.M., ARONNE, I.D.; SANTOS, R.A.M. *Environmental Impacts Evaluation Associated to Renewable Sources of Energy*. Trabalho apresentado ao INAC - International Atlantic Nuclear Conference, Rio de Janeiro, 2009.

FERREIRA, V.V.M., ALVES, J.V.; SOARES, W.A. Estudos Hidrogeológicos Associados à Deposição de Rejeitos Radioativos de Baixo e Médio Nível de Atividade. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*. São Paulo, Volume 19, 18-29, março de 2011.

GARRETT, L. *A próxima peste:* novas doenças num mundo em desequilíbrio. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira, 1995.

IAEA – INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *Radioactive Waste Management Glossary: 2003* Edition. Viena, 2003. Disponível em: < http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1155_web.pdf>. Acesso em: 11 mai. 2011.

IAEA – INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Reference data series No. 1 - *Energy, electricity and nuclear power estimates for the period up to 2050*. Disponível em <http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/IAEA-RDS-1-30_web.pdf. Acesso em: 14 jun. 2011.

IAEA – INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Country Annual Reports. Disponível em <http://newmdb.iaea.org/reports.aspx>. Acesso em: jun. 2011.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 20 ago. 2011.

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Key World Energy Statistics 2010*. Paris, 2010. Disponível em: <http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2010/key_stats_2010.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2011.

ULHOA, B.M.A., ALEIXO, B.L., MOURÃO, R.P. & FERREIRA, V.V.M. *Radioactive Waste Disposal and Public Acceptance Aspects*. Trabalho apresentado ao INAC - International Atlantic Nuclear Conference, Belo Horizonte, 2011.

Recebido em: dez/2011
Aprovado em: jun/2012

Análise da avaliação de desempenho do sistema de gestão ambiental (ISO 14001) de usina hidrelétrica: relação empresa-comunidades do entorno

Analysis of performance assessment of environmental management system (ISO 14001) power plant of dam: company interaction with the surrounding communities

RESUMO

Foi estudado o Sistema de Gestão Ambiental (SGA) de uma Usina Hidrelétrica (UHE) localizada no Estado do Amapá. O objetivo foi avaliar como indicadores gerenciais, legais e educacionais interferem na sua eficiência. Com uso de questionários foram obtidas opiniões de funcionários da UHE e de moradores de duas comunidades residentes no seu entorno. As variáveis independentes utilizadas no estudo foram: quantidade e qualidade de cursos aplicados pelo SGA aos funcionários da UHE e às comunidades; conhecimento sobre a legislação ambiental; fiscalização e aplicação da legislação na área de entorno da usina; imagem de mudança interna e externa da empresa. Para avaliar a relação entre variáveis e o índice de eficiência do SGA foi empregada a análise multivariada de regressão linear. Verificou-se que o índice de eficiência do SGA apresentou respostas distintas para as duas comunidades do entorno da usina. Conclui-se que é necessário considerar as complexas interações empresa-comunidade, destacando-se a qualidade educacional empregada pelos agentes de grandes projetos como as hidrelétricas na Amazônia.

PALAVRAS-CHAVE: Hidrelétrica; Amazônia; comunidade; ISO 14001; indicadores, análise de regressão múltipla (ARM).

ABSTRACT

We studied the Environmental Management System (EMS) of a hydroelectric power plant (HPP) located in the state of Amapá. The objective was to evaluate how management, legal and educational indicators interfere on their effectiveness. With use of questionnaires were obtained opinions of the HPP staff and residents of two communities living around it. The independent variables used in the study were: quantity and quality of courses applied by EMS employees HPP and communities; knowledge of environmental legislation, monitoring and enforcement in the area around the plant, inside and outside change image of the company. To evaluate the relationship between variables and the efficiency ratio of SGA was employed multivariate linear regression. We note that the efficiency ratio of SGA showed different responses to the two communities around the plant. We conclude that it is necessary to consider the complex interactions company-community, highlighting the educational quality of agents employed by large projects such as hydroelectric dams in the Amazon.

KEYWORDS: Hydroelectric; Amazon; community; ISO 14001; indicators, multiple regression analysis (MRA).

Ângela do Céu Ubaiara Brito
Doutoranda em Educação Universidade de São Paulo-USP
São Paulo, SP, Brasil
angelaubaiara@usp.br.

Alan Cavalcanti da Cunha
Doutor em Engenharia Civil (USP) e Professor Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical e Programa de Pós-Graduação em Direito da Universidade Federal do Amapá– UNIFAP
Macapá, AP, Brasil
alancunha@unifap.br

Helenilza Ferreira Albuquerque Cunha
Doutora em Ciências da Engenharia Ambiental (USP), Professora Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical e Programa de Pós-Graduação em Direito da Universidade Federal do Amapá– UNIFAP
Macapá, AP, Brasil
helenilzacunha@unifap.br

INTRODUÇÃO

As hidrelétricas são a base da matriz energética no Brasil, constituindo-se em uma fonte de grande escala que contribui para suprir a necessidade de energia elétrica, principalmente do setor econômico industrial. Em nível mundial o Brasil é o segundo maior produtor de hidroeletricidade, totalizando 80% da oferta nacional com uma estimativa potencial total de 260 GW. Parte significativa deste potencial encontra-se na Amazônia, pois as regiões sul, sudeste e centro-oeste brasileiras estão praticamente esgotadas (CUNHA, et al., 2011; EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2010; COSTA, 2010; BÁRBARA et al., 2010, 2006; BRITO, 2008b).

Em função dos potenciais impactos causados por construção de hidrelétricas, desde os anos 1980, alguns estudiosos já comentavam sobre problemas ambientais decorrentes desses empreendimentos na Amazônia alertando para implementação de projetos que atendessem a necessidade da região, respeitando a legislação ambiental com eficiente sistema de gestão.

De acordo com Vörösmarty et al. (2003), em todo o planeta, cerca de 40% de toda água descarregada pelos rios são interceptadas por barragens e 25% do fluxo de sedimentos das margens para os oceanos são retidos pelas mesmas. Isso mostra a dimensão do impacto que a construção de barragens pode causar no ecossistema da bacia em que foram construídas e a importância de se estudar diferentes aspectos físicos, ecológicos e socioambientais de longo prazo de suas influências.

Junk e Mello (1990) relataram o caso da UHE de Balbina-AM, considerada um exemplo negativo sem retorno econômico justificável, com graves danos ambientais não previstos na fase de planejamento. Leite (2005) indica alguns exemplos, tais como alterações hidrológicas do escoamento, aumento exagerado do tempo de detenção hidráulico (mais de um ano), alteração do fluxo de corrente ou vazão, mudança de ambiente aquático lótico para lêntico; alteração da temperatura, umidade relativa, além da ocorrência de erosão marginal com perda do solo e árvores, com diminuição da vida útil do reservatório e comprometimento de locais de desova de peixes; perda de biodiversidade. Em termos comparativos, por exemplo, a UHE Coaracy Nunes apresenta um tempo de detenção hidráulico da ordem de 2 a 5 dias (CUNHA et al., 2011), dependendo do período sazonal climático.

Estas experiências são eminentemente válidas, porém, não são completamente transferíveis para outras regiões, principalmente devido às diferenças fundamentais em relação a algumas condições ecológicas e sócioambientais locais, como é o caso da Usina Hidrelétrica de Coaracy Nunes (UHECN) no Estado do Amapá.

A UHE Coaracy Nunes foi instalada na bacia do Rio Araguari com operação iniciada em 1976 (Figura 1). Na época, a legislação ambiental brasileira estava se consolidando e nem se cogitava temas como avaliação de impactos ambientais. Como consequência, quase não se dispunha de informação sobre os impactos ambientais ocorridos durante e após sua construção (CUNHA et al., 2011). Entretanto, atualmente há tentativas de se reverter este quadro de deficiência a partir do processo de construção e manutenção de sua Certificação Ambiental ISO 14001.

Cropper et al., (2000) comentam que já havia mais de 17.000 certificações para o sistema de gestão ambiental efetivados globalmente desde 1996. No Brasil a implantação do Sistema de Gestão Ambiental (SGA) no setor energético vem sendo tratada de modo descentralizado nas empresas e nas suas unidades operacionais, como é o caso da UHE Coaracy Nunes. Portanto, é possível constatar que há algumas iniciativas de empresas de geração de energia que visam implantar o sistema de gestão ambiental baseado na série de normas ISO 14001. No Brasil, historicamente, esse processo iniciou com a UHE de Guilman-Amorin, no Rio Piracicaba-MG, primeira usina certificada na NBR ISO 14001, em dezembro de 1999 (BRITO, 2008a).

Tal preocupação decorre da situação atual em que a fronteira hidrelétrica brasileira se encontra na bacia amazônica, na qual novos projetos estão se inserindo, como as UHEs de Jirau e Santo Antônio (Rio Madeira-AM, com 19 GW) e perspectivas de novos empreendimentos de menor porte no Rio Araguari-AP (250 MW). Neste último caso os impactos são também significativos apesar do relativamente menor porte. Em todos estes projetos, sejam antigos, atuais ou futuros, haverá a necessidade de eficientes sistemas de gestão ambiental (SGAs) para atender as demandas de competitividade e inovação de mercado do setor elétrico, sem desprezar as normativas da legislação ambiental e a importância socioambiental das comunidades do entorno (BRITO, 2008a).

Neste aspecto, a legislação brasileira torna-se cada vez mais restritiva e exigente no controle, monitoramento e fiscalização de impactos ambientais causados pelos empreendimentos de modo geral. Portanto, é natural que se conheçam todas as formas de interação entre empresa e comunidade do entorno, antes, durante e pós sua instalação (BRITO, 2008b). Contudo, considerando seus indicadores e instrumentos mais importantes e suas externalidades inerentes, nem sempre contabilizadas, mesmo nos modernos sistemas ISO 14001.

No contexto empresarial, de acordo com Viegas

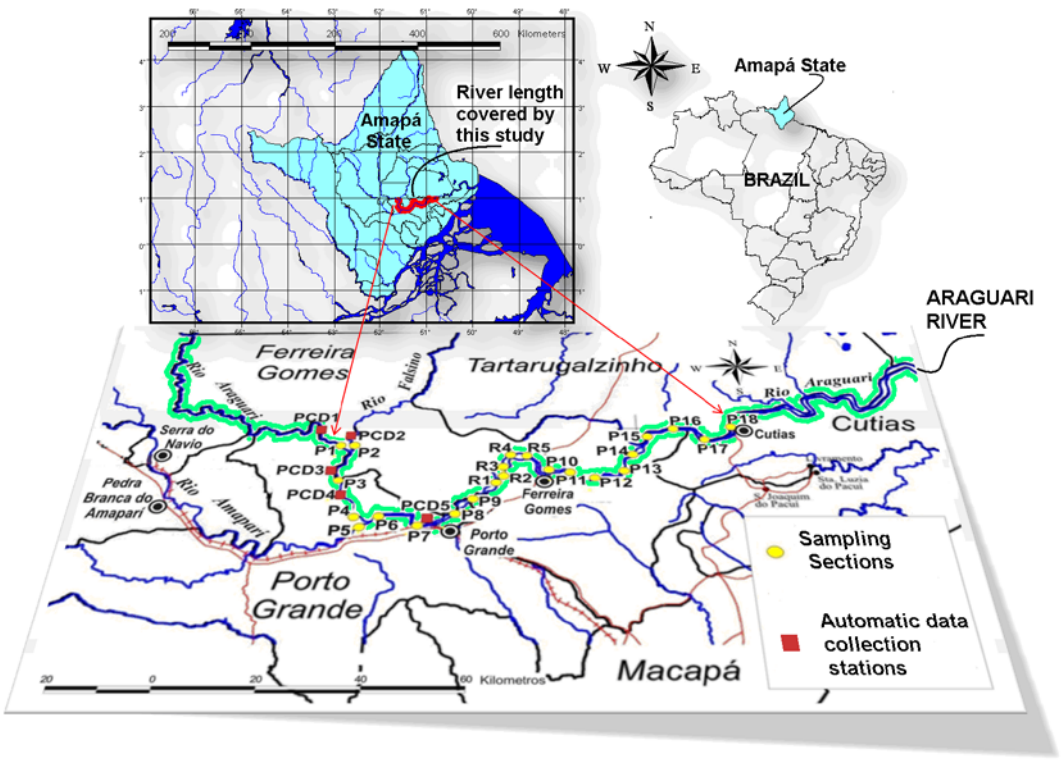


Figura 1. Mapa de localização do reservatório e UHE Coaracy Nunes. A montante a cidade de Ferreira Gomes no Rio Araguari/Amapá. O círculo transparente maior em vermelho indica a área específica de estudo (UHE; R5 e P10, e R2 representam as localidades das comunidades do entorno e remanescente, respectivamente). Adaptado de CUNHA et al., 2011.

(1995), o conceito de gestão ambiental vem sendo utilizado para definir, além da gestão pública do meio ambiente, os programas de ação desenvolvidos por empresas e instituições não-governamentais, para administrar suas atividades dentro dos modernos princípios de proteção do meio ambiente. Assim, a gestão ambiental tornou-se uma peça fundamental no desenvolvimento das empresas, sejam públicas ou privadas (BRITO, 2008a). Como consequência o desempenho do setor privado abre espaço de renovação e possibilidade de melhor gerenciamento dos recursos naturais e interações com comunidades locais, potencializando a qualidade ambiental e minimizando suas externalidades negativas.

Entretanto, pouco se tem pesquisado sobre as diversas variáveis que interferem ou influenciam a eficiência do Sistema de Gestão Ambiental (SGAs) nas empresas (BRITO, 2008a). Uma solução seria as empresas trabalharem a capacitação de gestão em forma de treinamentos, o que se constitui em um meio para desenvolver a força de trabalho nos setores específicos, sendo o processo educacional de curto prazo aplicado de modo sistemático e organizado (CHIAVENATO, 1994). Esses treinamentos devem ser realizados em fluxos contínuos levando o profissional a adquirir atitudes ambientais.

Kurb e Prokopenko (1989) afirmam que a área de gerenciamento empresarial é fundamentada no conhecimento e na informação retida sobre os fatos, conceitos e inter-relações, considerando a habilidade de fazer coisas e aplicá-las. Em situações normais de trabalho, os conhecimentos e as atitudes pessoais são os canais mais eficazes para a implementação da capacitação na empresa. Von Korf et el., (2010) reforçam esta linha de pensamento observando que a participação social em negociações e processos de interação empresa-comunidade é um facilitador do diálogo e redutor de riscos de conflitos entre os atores sociais envolvidos.

Carvalho (2006) sugere que a educação ambiental é a palavra-chave da efetiva participação nos processos de tomada de decisão no sistema de gestão ambiental, pois é a compreensão ambiental que permite que as decisões sejam tomadas considerando as múltiplas variáveis socioambientais no processo de construção das atividades inerentes ao processo de interação social. Assim, o sistema de gestão ambiental torna-se, então, a conexão-chave da empresa com seu entorno social e ambiental. As

práticas educativas ambientais nas empresas devem apontar portanto para propostas centradas na mudança de hábitos, atitudes, avaliação e participação dos envolvidos, desafiando o empreendimento a elaborar novas epistemologias que possibilitem uma reforma de pensamento (LOUREIRO et al, 2006 e MORIN, 2000).

Contudo, é conhecido o fato de que a conexão socioambiental empresa-comunidade é uma difícil e desafiante tarefa de implementação nos SGAs, pois depende do conhecimento de diversas variáveis "implícitas" envolvidas no processo de melhoria da relação socioambiental entre ambas, nem sempre facilmente mensuráveis.

A gestão ambiental que contempla uma política de educação ambiental do setor hidrelétrico é fundamental e depende de sua eficácia para promover a mudança de postura de funcionários e a comunidade do entorno das empresas, sendo considerada o principal elo que implementa a formação crítica. Essa formação implica em capacitação e práticas educativas efetivas no cotidiano da empresa (LAYRARGUES, 2000).

Callenbach et al (1993) citam dois tipos de posturas das empresas em relação ao meio ambiente. A primeira é a administração ambiental como defensiva e reativa, com o objetivo apenas de observar as leis e melhorar a imagem da empresa. A segunda é a administração ecológica (ou sistema de gestão ambiental) com uma postura ativa e criativa, substituindo a ideologia do crescimento econômico pelo conceito da sustentabilidade ecológica. Entende-se, neste caso, que os problemas ecológicos não estão isolados, mas interligados e interdependentes, necessitando de um novo tipo de pensamento (sistêmico), com novos valores e práticas. Portanto, os SGAs devem incorporar de forma mais eficiente estas conexões empresa-comunidade, até como agente facilitador do diálogo social (Von Korf et al., 2010).

Se o gerenciamento ambiental depende do sistema de gestão ambiental nas empresas, respeitando suas múltiplas dimensões ambientais, sociais, econômicas, legais e educacionais, por outro lado, a maior dificuldade é compreender como e em que grau tais dimensões se inter-relacionam ou influenciam a eficiência deste mesmo SGA. Para analisar essas influências é preciso compreender como a gestão ambiental se desenvolve na prática da política ambiental da empresa onde estão definidos os instrumentos de gestão a serem utilizados. Estes são normalmente o controle, avaliação e planejamento ambiental, plano de gestão e operação (BRITO, 2008a).

Portanto, a presente pesquisa tem como objetivo principal aplicar um método de análise multivariada (ARM) para avaliar a dependência entre a eficiência do sistema de gestão a ambiental da UHE Coaracy Nunes (IndESGA) e sua relação com variáveis independentes concernentes às comunidades do entorno e próximas do reservatório e a empresa de geração de energia. Além disso, se buscou compreender quais e como os fatores avaliados influenciam a eficiência do sistema de gestão. Para tanto, foram obtidos dados de pesquisa de campo simultâneos ao processo de sistematização da ISO 14001 na UHE Coaracy Nunes durante o ano de 2007. A hipótese da pesquisa é que a variável independente que consiste na qualidade dos cursos ministrados à comunidade e funcionários da empresa é a que mais influencia positivamente a eficiência do SGA.

O método de análise de regressão linear múltipla (ARM) tem sido muito utilizado em estudos que envolvem planejamento, estratégias e tomadas de decisões na área administrativa das empresas. Um bom exemplo é a área de *marketing* (HAIR et al, 2005; LEVINE et al, 2005). No presente caso, a análise de regressão linear múltipla foi utilizada para avaliar como variáveis explicativas (independentes) estão correlacionadas com a eficiência do SGA (dependente) e respectivas interações empresa-comunidades do entorno da UHE Coaracy Nunes, estado do Amapá.

Material e Métodos

Na primeira etapa da pesquisa foi definido um Indicador Geral de Eficiência do Sistema de Gestão Ambiental (Ind.ESGA) da UHE Coaracy Nunes. As respostas foram obtidas a partir de questionários aplicados em campo, com perguntas abertas e fechadas, tanto para as comunidades do entorno quanto aos funcionários da UHE Coaracy Nunes (Figura 1). O período de aplicação dos questionários foi de fevereiro a agosto de 2007 (Tabela 1).

A quantificação de parâmetros sensíveis à eficiência do sistema de gestão ambiental foi obtida com o uso da análise de regressão linear múltipla (ARM), a qual utiliza variáveis independentes processadas numericamente a partir de valores atribuídos à qualidade do item investigado. As variáveis independentes escolhidas do questionário aplicado foram: números de cursos (NCR) ministrados pela empresa para a comunidade e funcionários, qualidade dos cursos (QCR), Nível da Fiscalização (Fis), Mudança Interna (Emi) e Mudança Externa (Eme). De modo geral, a valoração dos atributos variaram na escala de 0 a 10 (Tabela 2), segundo o princípio de que cada resposta independente apresenta um mesmo peso ou nível de probabilidade.

Por definição, a análise de regressão linear múltipla (ARM) aplicada consiste em prever o valor de uma variável dependente (Ind.ESGA), utilizando variáveis

Tabela 1. Demonstrativo do público alvo e abrangência da aplicação dos questionários aplicados.

Público alvo	Universo e descrição da aplicação dos questionários	Amostra analisada
Comunidade borda do reservatório	O universo contou com 29 residências localizadas próximas à borda do reservatório (Figura 1, R2 e R5). O informante que respondeu ao questionário foi o chefe do domicílio ou o caseiro.	100% dos moradores
Comunidades de Paredão e Caldeirão (remanescente do projeto)	O universo contou com 103 residências nas duas localidades, incluídos os moradores residentes antes e depois da construção da usina (Figura-1, P1 e P10). O informante que respondeu ao questionário foi o chefe do domicílio ou o responsável maior de idade.	98% dos moradores (101 residências)
Funcionários da usina	O universo contou com 56 funcionários da empresa. Foram incluídas as atividades mais relevantes para o estudo: mecânica, operador, almoxarifado, manutenção, barqueiro, motorista, vigilante, eletricista, gerentes ambientais, educadores. Considerou-se o funcionário mais antigo no serviço e o funcionário recentemente contratado na empresa (Figura 1, P1).	37,5% (21 funcionários)

Tabela 2. Categorias e variáveis analisadas da eficiência do SGA.

Categorias	Variável dependente	Variáveis independentes					
Funcionários	IndESGA (1)	NCR (2)	QCR (3)	E.C.Leg (4)	E.A.Leg (5)	Emi (6)	Eme (7)
Comunidades circunvizinhas à UHECN	IndESGA (1)	NCR (2)	QCR (3)	E.C.Leg (4)	E. Fisc (8)	Emi (6)	

(1) Índice geral de eficiência do SGA. Variável dependente. Estima a eficiência do trabalho do SGA na empresa e nas comunidades: entorno do reservatório, Caldeirão e Paredão (conexão comunidade-empresa).

(2) Número de cursos realizados. Variável independente. Quantifica o número de cursos realizados pelo SGA.

(3) Qualidade do curso. Variável independente. Valora a qualidade do curso aplicado numa escala entre 0 e 10.

(4) Eficiência da compreensão da Legislação. Variável independente. Valora o nível de compreensão da legislação nos cursos realizados na escala entre 0 e 10.

(5) Eficiência da aplicação da legislação. Variável independente. Valora a aplicação da legislação pelo SGA na escala entre 0 e 10.

(6) Eficiência de mudança da imagem interna. Variável independente. Valora a mudança na imagem interna que ocorreu a partir das atividades do SGA na escala entre 0 e 10.

(7) Eficiência de mudança da imagem externa. Variável independente. Valora a mudança da imagem externa nas atividades do SGA na escala entre 0 e 10.

(8) Eficiência da fiscalização. Variável independente. Valora a eficiência da fiscalização no entorno da usina na escala entre 0 e 10.

(LEVINE et al, 2005; HAIR et al, 2005). Como resultado a análise de regressão linear múltipla gera um conjunto de coeficientes que indicam o grau de ajuste aos valores das variáveis independentes, de forma que se infira ou preveja a eficiência do índice do sistema de gestão ambiental.

Na análise de regressão linear múltipla são obtidas taxas de influência para cada variável independente, além de parâmetros estatísticos de correlações (R, R^2 e R^2_{aj}) ao nível de 0,05 de significância ($p < 0,05$). O coeficiente de correlação é representado por R. Trata-se de uma medida da relação linear entre duas ou mais variáveis que indicam a proximidade ou ajuste dos pontos à reta de regressão. Significa que quanto mais próximo R estiver de 1,0, mais ajustadas as variáveis estarão à esta curva. De modo contrário, sendo o R mais próximo de zero, o ajuste à reta de regressão é considerado disperso. Neste último caso os resultados são insuficientes para a análise, ou indicados como não significativos para os resultados obtidos (LEVINE et al., 2005; HAIR et al, 2005).

O coeficiente de determinação é representado pelo quadrado de R e que pode ser simbolizado por R^2 da ARM. Esse coeficiente analisa o grau de dependência da variável dependente em função da variável independente. A rigor, explica a influência dos valores de Y (Ind.ESGA*)* em relação aos demais valores de X (NCR, QCR, ECLeg, EALeg, EFisc, Emi e Eme), considerando as premissas da análise de regressão linear múltipla: independência das variáveis, homossedasticidade e normalidade dos dados (LEVINE et al., 2005; HAIR et al, 2005).

O coeficiente de R^2 ajustado (R^2_{aj}) na análise de regressão linear múltipla tem a função de avaliar acréscimos positivos ou negativos devido à inclusão de uma nova variável na análise. Nesse processo, quando se inserir uma nova variável e o R^2_{aj} apresentar perdas, significa dizer que esta nova variável não contribui na análise de regressão linear múltipla, ou para a resposta da análise do índice de eficiência do sistema de gestão ambiental. De modo contrário, a inclusão de uma nova variável pode melhorar o R^2_{aj} (LEVINE et al., 2005; HAIR et al, 2005). Esta análise é realizada simultaneamente com a observação do valor de $p < 0,05$ (significância).

O resultado final da análise de regressão linear múltipla é a geração de uma equação linear múltipla, cujos coeficientes representam as taxas médias das variações de cada variável independente. Além disso, são também gerados os coeficientes de ajuste R, R^2 e R_{aj}^2. A equação 1 representa como e quanto as taxas individuais ($\mathbf{A_i}$) influenciam globalmente a variável dependente IndESGA (LEVINE et al, 2005; HAIR et al, 2005).

$$Ind.ESGA = A_0 + A_1X_1 + A_2X_2 + A_3X_3 + ... + A_nX_n + e(i) \quad (1)$$

Onde:

Ind.ESGA= variável dependente

$\boldsymbol{A_0}$ = valor de interseção[1]

$\mathbf{A_i}$ = parâmetro que representa taxa média de variação da respectiva dimensão na escala, normalmente entre 0 e 10, na presente análise.

$\boldsymbol{X_n}$ = variável independente (NCR, QCR, ECLeg, EALeg, EFisc, Emi, Eme).

$\boldsymbol{e_1\ (i)}$ = erro (erro ou influência de outros fatores não mensurados na análise).

Para tabular, organizar e analisar os dados dos questionários foi utilizada uma planilha eletrônica do Microsoft Excel, versão 2007. A seguir são apresentados os resultados das análises.

[1]Segundo Levine et al (2005) este valor não tem significado concreto, mas decorre apenas da própria análise de regressão múltipla.

RESULTADOS

Avaliação do Sistema de Gestão Ambiental aplicada aos funcionários da UHE Coaracy Nunes.

Com base em entrevistas com 21 funcionários foram obtidas informações concernentes ao número de cursos realizados pelo servidor da UHE Coaracy Nunes. As questões estavam relacionadas com a gestão ambiental em ciclo de um ano. Foram solicitadas aos entrevistados que atribuíssem notas globais de avaliação do SGA na escala de 0 a 10. As variáveis selecionadas para a análise foram Ind.ESGA, NCR, QCR, EALeg, ECLeg, EFis, Emi e Eme, sendo a primeira considerada dependente e as demais independentes (Tabela 3).

Observa-se na Tabela 3 que as notas apresentam boa qualidade para os cursos ofertados aos funcionários na empresa e na compreensão da legislação ambiental (ECLeg). As respostas às questões abertas dos questionários quanto às notas atribuídas na aplicabilidade da legislação (EALeg) refletem o nível de exigência legal para o setor elétrico (BRITO, 2008a).

Em relação à mudança da imagem interna da empresa (Emi) observou-se que esta é uma variável dependente da compreensão dos cursos e da aplicabilidade da legislação no sistema. Apesar da tardia implantação do sistema de gestão ambiental (30 anos após a construção da UHE Coaracy Nunes), observou-se, nas respostas dos questionários aos funcionários, que a principal mudança interna ocorreu com a oportunidade de reflexão de ações gerenciais e resultados

Tabela 3. Valores das variáveis que fundamentaram as ARMs para a categoria funcionários.

Indicador de eficiência geral do SGA	Número de cursos realizados	Qualidade do curso realizado	Eficiência da aplicabilidade legislação	Eficiência da compreensão da legislação	Eficiência da mudança interna	Eficiência da mudança externa
Ind.ESGA	**NCR**	**QCR**	**EALeg**	**ECLeg**	**Emi**	**Eme**
3	3	4	3	5	8	5
8	6	8	7	7	9	6
6	4	7	7	7	5	7
7	6	7	3	5	5	6
4	3	7	3	5	4	6
8	6	7	2	7	3	7
9	10	8	7	7	9	7
8	3	8	7	7	8	9
9	6	8	9	10	7	4
6	6	8	7	9	7	5
10	3	9	9	10	7	5
9	6	8	9	10	7	6
9	6	7	9	10	6	5
7	4	7	7	9	8	4
5	10	9	7	9	8	3
9	6	9	9	10	9	4
7	4	7	9	10	9	5
9	6	9	9	10	9	6
9	6	9	9	10	9	7
10	10	10	9	10	8	7
9	6	9	7	9	6	7

práticos relacionadas ao meio ambiente.

As notas atribuídas à mudança externa (Eme) refletem a busca da expressão da imagem empresarial responsável pela qualidade ambiental, incluindo o reconhecimento dos funcionários quanto à melhoria de indicadores ambientais alcançados. Isso mostra que há uma preocupação quanto a este parâmetro, o qual influi na competitividade e na qualidade da prestação de serviços da empresa como um todo.

Eficiência do Sistema de Gestão Ambiental da UHE Coaracy Nunes-AP versus comunidades

a) Comunidade da borda do reservatório (Referentes a R2 e P10 da Figura 1).

A Tabela 4 mostra os resultados obtidos com os residentes na borda do reservatório da UHE Coaracy Nunes e que participaram das atividades desenvolvidas pelo sistema de gestão ambiental.

b) Comunidade Paredão-Caldeirão (Referentes a P2 da Figura 1)

A Tabela 5 apresenta os resultados da avaliação junto às comunidade do Paredão-Caldeirão que participaram das atividades desenvolvidas pelo SGA.

Nas Comunidades Paredão-Caldeirão poucos moradores participaram dos cursos e de outras atividades sobre educação ambiental. Em média 15 moradores participaram duas vezes das atividades, 12 moradores apenas 1 vez, e somente 8 moradores discutiram 3 vezes sobre questões ambientais com a empresa. Os moradores que mais discutiram sobre as questões ambientais foram os líderes da comunidade.

DISCUSSÃO

A análise de regressão múltipla e indicadores de eficiência do SGA para os funcionários da UHE Coaracy Nunes.

A análise de regressão múltipla foi inicialmente aplicada à categoria dos funcionários indicando uma influência das variáveis independentes número de cursos realizados (NCR) e qualidade de cursos realizados (QCR). A Tabela 6 mostra os resultados da análise bem como os coeficientes de determinação, correlação e ajustado, respectivamente.

Tabela 4. Valores das variáveis independentes que fundamentaram as ARMs - comunidade da borda do reservatório

Indicador de eficiência do SGA	Número de cursos realizados	Qualidade do curso realizado	Eficiência da Fiscalização	Eficiência da Compreensão da legislação	Eficiência da mudança interna
Ind.ESGA	**NCR**	**QCR**	**EFisc**	**ECLeg**	**Emi**
4	1	3	3	9	7
5	3	4	8	7	7
1	4	5	9	7	8
8	5	6	4	8	8
2	5	7	8	8	7
5	6	7	1	7	7
4	7	7	8	7	7
9	6	8	8	7	9
9	5	9	9	8	8
7	4	9	6	7	6
8	4	9	9	7	5
8	3	9	9	9	6
3	3	7	7	9	7
9	1	9	8	9	7

A análise de regressão múltipla mostrou que para essas variáveis independentes o coeficiente de correlação R é confiável em 69,1%. Também indica que houve uma boa explicabilidade da variável dependente IndESGA pelas variáveis independentes NCR e QCR. O coeficiente de determinação representou ganhos positivos para o sistema, indicando que a variável dependente (IndESGA) é influenciada pelas variáveis independentes no grau de 47,76% das respostas aceitáveis. O R_{aj}^2 foi significativo em 42% das vezes, sendo considerado satisfatório para esta etapa de análise.

A análise de regressão múltipla constatou que a taxa de influência de QCR foi positiva e da ordem de 1,0887 (Tabela 7). Isto significa que para cada unidade adicional de QCR o IndESGA cresce positivamente nesta mesma proporção. Ou seja, quanto maior o investimento da empresa na qualidade do curso mais o IndESGA se fortalece. De modo inverso, a taxa de variação do número de cursos ofertados (NCR) tem o um efeito contrário, decrescendo o IndESGA na taxa de -0.0502. Note que se o valor de $p < 0,05$, e então há significância da análise. Caso contrário, *p* torna-se não significativo, representado pelo símbolo NS.

A partir desses parâmetros obtém-se a equação 2:

$$IndESGA = -0,6011 - 0,0502\,NCR + 1,0887\,QCR + e(i) \quad (2)$$

Esta equação reflete a variação do indicador IndESGA com QCR e NCR. Entretanto, verifica-se que a Equação (2) apresenta real confiabilidade apenas para QCR ($p < 0,05$), sendo NCR ($p > 0,05$) um parâmetro que poderia ser desprezado da equação. Mas sua utilidade é sabermos que seu excesso pode induzir a uma menor eficiência do SGA. Essa análise decorre de valores das notas atribuídas pelos entrevistados conforme consta na Tabela 7.

Os funcionários realizaram em média 10 cursos sobre gestão ambiental no período de um ano (2007). Nas respostas aos questionários, os funcionários mostraram que os cursos mais interessantes são aqueles que permitem analisar situações cotidianas reais da empresa, diminuindo as dúvidas que são mais facilmente esclarecidas. Neste caso, os funcionários valorizaram a qualidade em detrimento da quantidade dos cursos de procedimentos do SGA. Isso porque, normalmente, alguns cursos são realizados apenas para cumprir rotinas formais. Miles e Covin (2000) também identificaram esse problema em suas pesquisas no setor empresarial.

Para melhor compreender a análise de regressão múltipla acrescentaram-se novas variáveis selecionadas (ECLeg, EALeg, Emi e Eme) para identificar se houve perdas ou ganhos gerais na variável dependente IndESGA. Na análise foram obtidos os seguintes resultados (Tabela 8).

Tabela 5. Valores das variáveis independentes que fundamentaram as ARMs para as comunidades de Paredão e Caldeirão

Indicador de eficiência do SGA	Número de cursos realizados	Qualidade do curso realizado	Eficiência da Fiscalização	Eficiência da Compreensão da legislação	Eficiência da mudança interna
IndESGA	**NCR**	**QCR**	**EFisc**	**ECLeg**	**Emi**
5	1	2	5	1	7
8	3	2	5	8	5
9	3	2	6	8	6
5	2	3	7	8	7
7	1	4	8	8	7
6	3	2	9	8	7
1	1	2	8	8	7
8	2	4	8	2	8
6	2	4	5	8	7
7	2	4	6	9	6
7	4	7	4	9	5
5	2	6	3	0	6
8	2	6	5	8	4
5	2	6	6	8	3
6	2	7	7	9	3
7	2	7	7	5	4
8	2	7	7	9	5
6	4	8	7	8	6
2	4	7	7	5	7
2	3	6	8	9	8
9	1	5	8	7	6
3	1	5	9	9	8
5	1	5	9	9	9
4	2	6	9	7	7
3	3	5	5	6	7
4	4	7	5	4	7
5	3	5	5	8	7
1	2	5	6	9	6
5	1	4	6	5	6
1	1	4	7	7	6
5	1	4	6	8	5
1	1	5	6	6	4
6	2	5	6	8	5
1	3	6	7	9	6
7	1	5	7	5	7
7	1	5	7	8	6
9	3	5	8	3	5
5	2	5	8	9	7
3	2	5	9	6	6

A Tabela 8 indica que o IndESGA apresenta ganhos reais (R_{aj}^2) quando a análise de regressão múltipla acrescenta a variável aplicabilidade da legislação (EALeg), pois o coeficiente de determinação ajustado cresceu de 41,96% para 47,33%. Portanto, a nova variável melhorara a explicação das variações do IndESGA.

Outra variável que contribuiu para o crescimento do IndESGA foi a compreensão da legislação (ECLeg) apresentando um coeficiente ajustado de 47,18%. Em

Tabela 6. Resultado da estatística de regressão linear múltipla para a categoria dos funcionários, considerando variáveis independentes NCR, QCR.

	Variáveis independentes NCR e QCR
R múltiplo	0,6911
R-Quadrado	0,4776
R-quadrado ajustado	0,4196
Erro padrão	1,4720
Observações	21
p	0,0029* (significativo)

Tabela 7 Taxas das variáveis independentes para o NCR e QCR.

Estatística de regressão (ARM)	
	Taxas
Variáveis Independentes	Ind.ESGA/NCR/QCR
Interseção	-0,6011 (*p = 0,77, NS)*
NCR	-0,0502 (*p = 0,78, NS)*
QCR	1,0887 (*p = 0,0021*)*

Tabela 8. Resultado da ARM para o IndESGA da categoria funcionários considerando as variáveis independentes NCR, QCR, ECLeg, EALeg, Emi, Eme. Simbologia (* = significativo, NS = não significativo)

	Coeficientes de determinação, correlação e ajustado			
Variáveis estudadas	R múltiplo	R^2	R^2 ajustado	Erro padrão
Ind.ESGA/NCR/QCR (*)	0,6911	0,4776	0,4196	1,4720
Ind.ESGA/NCR/QCR/ECLeg (*)	0,7423	0,5511	0,4718	1,4042
Ind.ESGA/NCR/QCR/EALeg (*)	0,7432	0,5523	0,4733	1,4023
Ind.ESGA/NCR/QCR/Emi (*)	0,6921	0,4791	0,3871	1,5126
*Ind.ESGA/NCR/QCR/*Em (*)	0,7135	0,5091	0,4225	1,4684

seguida a mudança externa (Eme) com R_{aj}^2 de 42,25% e a mudança da imagem interna (Emi) que apresenta apenas o coeficiente de determinação de 38,71%. Contudo, é importante ressaltar que, ao se incluir a variável Emi houve perdas de confiabilidade além de apresentar pouca influência sobre o Ind.ESGA (baixos valores das taxas).

A análise de regressão múltipla indicou que os coeficientes angulares médios de influência para cada variável independente sobre o IndESGA quantificam a influência de cada uma delas sobre o IndESGA (Tabela 9).

Observa-se que os coeficientes da variável independente (NCR na 3ª coluna) são negativos, contribuindo para o decrescimento do IndESGA. De modo contrário, a taxa da QCR se apresenta com coeficientes positivos e com maiores módulos (QCR na 4ª coluna). Esta variável se constituiu na mais importante para a eficiência do SGA (*p < 0,05*).

Verifica-se que entre as variáveis adicionadas nas análises, como a ECLeg (5º coluna), apresenta-se com um coeficiente angular de 0,3676 para o crescimento do IndESGA. Em seguida, o maior coeficiente angular é da variável independente EALeg

Tabela 9. Coeficientes angulares das variáveis independentes NCR, QCR, ECLeg, EALeg, Emi e Eme sobre o Ind.ESGA para categoria funcionários. Simbologia (* = significativo, NS = não significativo).

Equação. IndESGA = Variáveis estudadas	Interseção A_0	NCR X_1	QCR X_2	Taxas ECLeg X_3	EALeg X_4	Emi X_5	Eme X_6
Ind.ESGA/NCR/QCR (*)	-0,6011	-0,0502	1,0887				
Ind.ESGA/NCR/QCR/ECLeg (*)	-0,9686	-0,0195	0,7212	0,3676			
Ind.ESGA/NCR/QCR/EALeg (*)	0,0216	-0,0031	0,7123	---------	0,2932		
Ind.ESGA/NCR/QCR/Emi (*)	-0,7755	-0,054	1,0741	---------	---------	0,0432	
Ind.ESGA/NCR/QCR/Eme (*)	-1,7908	-0,0235	1,040	---------	---------	---------	0,2465

Tabela 10. Resultado da estatística de regressão linear múltipla para as comunidades da borda do reservatório e Paredão-Caldeirão, considerando as variáveis NCR e QCR. Simbologia (* = significativo, NS = não significativo).

	Comunidade da Borda do reservatório	Comunidade Paredão-Caldeirão
R múltiplo (R) (NS)	0,6418	0,1009
R-Quadrado (R^2) (NS)	0,4119	0,0102
R-quadrado ajustado (R_{aj}^2) (NS)	0,3049	-0,0448
Erro padrão	2,3090	2,4803
Observações	14	39

Tabela 11 Taxas das variáveis independentes NCR e QCR para a borda do reservatório e Paredão- Caldeirão.

	Estatística de regressão	
	Taxas	
Variáveis Independentes	Comunidade da borda do reservatório	Comunidades Paredão-Caldeirão
Interseção (NS)	0,4505	5,4638
NCR (NS)	-0,2683	0,2082
QCR (NS)	0,9191	-0,1466
Observações	14	39

(6º coluna) que se mostra em média com 0,2932 para a eficiência do sistema. A mudança externa (Eme) se apresenta com um coeficiente angular de 0,2465, indicando baixa influência sobre o IndESGA. Entretanto, a mudança interna (Emi) indica uma preocupação para sistema de gestão ambiental. Neste caso, o seu coeficiente de determinação foi inferior, com 38,71% de explicabilidade. O coeficiente angular da variável Emi foi muito baixo, em torno de 0,0432, explicando pouco o desempenho do IndESGA. O coeficiente angular de mudança interna indicou que o sistema de gestão ambiental precisa trabalhar com foco na mudança mais efetiva de atitudes de seus funcionários dentro da empresa.

ARM para o Ind ESGA nas comunidades do entorno da área da UHECoaracy Nunes

Com base nos valores da Tabela 10 e 11 a aplicação da ARM indicou que NCR e QCR, tanto

Tabela 12. Resultado da estatística da ARM para a comunidade da borda do reservatório na avaliação do Ind.ESGA considerando as variáveis NCR, QCR, ECLeg, E.Fisc e Emi. Simbologia (* = significativo, NS = não significativo).

	Coeficientes de determinação, correlação e ajustado			
Variáveis estudadas	R múltiplo	R^2	R_{aj}^2	Erro padrão
IndESGA/NCR/QCR (*)	0,6418	0,4119	0,3049	2,3090
IndESGA/NCR/QCR/ECLeg (*)	0,6617	0,4378	0,2692	2,3676
IndESGA/NCR/QCR/E.Fisc (*)	0,6443	0,4151	0,2396	2,4150
IndESGA/NCR/QCR/Emi (*)	0,6836	0,4673	0,3075	2,3047

para a comunidade da borda do reservatório como para a comunidade de Paredão-Caldeirão também foram as variáveis que mais influenciaram na avaliação do IndESGA.

Na comunidade da borda do reservatório (Tabela 10, pontos R5 e P10 da Figura 1) o coeficiente de correlação R foi de 64,18% e se apresentou satisfatório. Isto significa que as variáveis apresentam boa correlação. R^2 obtido foi igual a 41,19%, significando razoável grau de dependência da variável dependente (Ind. SGA) e R_{aj}^2 de 30,49%, indicando ganhos devidos às novas variáveis incluídas no Ind SGA.

Para a comunidade Paredão-Caldeirão o coeficiente de correlação não se apresentou satisfatório, próximo de 10,09%. Neste caso, é possível afirmar que não há associação entre as variáveis independentes NCR nem QCR com o IndSGA. O R^2 de 0,010% e o R_{aj}^2 de -0,044% não apresentam quaisquer correlações com o IndESGA, não sendo satisfatórios para a análise.

As taxas para cada variável independente são apresentada na Tabela 11.

Na comunidade da borda do reservatório (Tabela 11, pontos R5 e P10 da Figura 1), a taxa da variável independente de NCR apresenta um valor negativo para o IndESGA, igual a -0,2683. Esse valor negativo mostra que o número de cursos, cartilhas ou panfletos trabalhados não resultam em processo de formação eficiente. Pelo contrário, apresenta um efeito negativo, pois as visitas do SGA são passageiras e formais sem um contato mais profundo com a comunidade. Esta pode ser uma explicação razoável para os motivos do SGA não ter tido nenhuma influência significativa em relação a essa comunidade. Além disso, talvez os moradores não compreendam o conteúdo ambiental que o SGA transmite. Entretanto, os coeficientes angulares apresentados, da ordem de 0,9191, confirmam que a qualidade dos cursos é eficiente e fundamental para a melhoria do IndESGA.

Os cursos considerados de qualidade foram os que indicavam, de forma didática e prática, o cuidado com o meio ambiente do entorno, com interpretação da legislação ambiental, onde houvesse situações úteis para as intervenções dos moradores ou que fomentassem debates interessantes entre os agentes sociais. Este é o ponto central que mostra as oportunidades da empresa em realizar esforços de melhoria desses cursos. Este fato pode ser corroborado por estudos da literatura de educação ambiental (LOUREIRO et al, 2006; MORIN, 2000, PENA-VEJA, 2003; ROMÃO, 2002; SCHMIDT, 1983), os quais afirmam que a prática fundamenta e concretiza a teoria.

Contrariamente, para a comunidade Paredão-Caldeirão, o coeficiente angular de QCR mostra um efeito inverso sobre o IndESGA quando comparado à comunidade da borda do reservatório. Também o coeficiente angular que mais contribui para o crescimento do IndESGA é justamente o NCR, próximo de 0,2082, o contrário dos casos anteriores. E, como observado, o coeficiente angular de QCR foi negativo, próximo de -0,1466, não apresentando índices ou efeito significado educativo. Neste caso, parece que a comunidade remanescente da construção da UHE Coaracy Nunes se importa mais com as visitas do SGA do que com o seu conteúdo ambiental.

O que poderia explicar tal disparidade de resultados entre as duas comunidades (Reservatório e Paredão-Caldeirão) seriam os indicativos de que as últimas vivem em constante mudança. Seus

Tabela 13. Resultado da estatística de ARM para as comunidades de Paredão e Caldeirão na avaliação do Ind.ESGA considerando as variáveis NCR, QCR, ECLeg, E.Fisc e Emi. Simbologia (* = significativo, NS = não significativo).

	Coeficientes de determinação, correlação e ajustado			
Variáveis estudadas	R múltiplo	R^2	R^2 ajustado	Erro padrão
Ind.ESGA/NCR/QCR (NS)	0,1009	0,0102	-0,0448	2,4803
Ind.ESGA/NCR/QCR/ECLeg (NS)	0,1288	0,0166	-0,0677	2,5073
Ind.ESGA/NCR/QCR/E.Fisc (NS)	0,1298	0,0169	-0,0674	2,507
Ind.ESGA/NCR/QCR/Emi (NS)	0,2766	0,0765	-0,0026	2,4297

Tabela 14. Coeficientes angulares das variáveis independentes NCR, QCR, ECLeg, EFisc e Emi na análise de IndESGA para a comunidade da borda do reservatório. Simbologia (* = significativo, NS = não significativo).

	Taxas					
Equação. IndESGA =	Interseção A_0	NCR X_1	QCR X_2	ECLeg X_3	EFisc X_4	Emi X_5
Variáveis estudadas						
IndESGA/NCR/QCR (*)	0,4505	-0,2683	0,9191			
IndESGA/NCR/QCR/ECLeg (*)	1,1922	-0,2971	1,0195	-0,1927		
IndESGA/NCR/QCR/EFisc (*)	2,5661	-0,3545	0,9369	------	-0,2429	
IndESGA/NCR/QCR/Emi (*)	-5,0625	-0,4254	1,052	-------	---------	0,7371

moradores estão geralmente no local em busca de melhores condições de vida. São imigrantes de outras regiões ou estados, não possuindo identidade ou residência fixa no local e talvez não atribuam importância às questões ambientais relacionadas à usina. Sua presença na região está relacionada ao lazer e alternativas de geração de renda nos finais de semana. Suas residências estão localizadas na capital do Estado (Macapá-AP) a 120 km de distância da UHE Coaracy Nunes (Figura 1).

Outro aspecto relevante são os constantes conflitos entre a comunidade Paredão-Caldeirão e a UHE Coaracy Nunes. Estudiosos da área observaram esse tipo de conflito em outras localidades brasileiras sob impactos de hidrelétricas (CUNHA,1999; KARPINSKI, 2003).

A taxa positiva para o número de cursos (NCR) na Tabela 11 está restrita à participação esporádica da comunidade que, nos encontros com o SGA, tem expressado seus anseios, suas angústias e reivindicado direitos junto ao empreendimento. Nestes cursos do SGA são criadas as oportunidades "ideais" para reivindicar e cobrar ações concretas e "compensações" do empreendimento. É importante salientar que, neste caso, o grau de ajuste da ARM foi fraco. Os valores dos coeficientes mostraram-se pouco expressivos, em torno de –0,04488.

Após as avaliações com as variáveis NCR e QCR foram acrescentadas outras variáveis (ECLeg, EFis, Emi e Eme) para verificar seus impactos no IndESGA, com perdas ou ganhos com esta inclusão (Tabela 12).

Observa-se na Tabela 12 ganhos para o IndESGA na comunidade da borda do reservatório com a inclusão da variável independente ECLeg, pois o R_{aj}^2 foi de 26,92%. A variável independente EFisc influencia em 23,96% o IndESGA. Emi, apresentou o maior valor de ganho no R_{aj}^2, igual a 30,75%.

Tabela 15. Taxas das variáveis independentes NCR, QCR, ECLeg, EFisc e Emi na análise de Ind.ESGA para a comunidade Paredão-Caldeirão. Simbologia (* = significativo, NS = não significativo).

Equação. Ind.ESGA = Variáveis estudadas	Taxas					
	Interseção A_0	NCR X_1	QCR X_2	ECLeg X_3	EFisc X_4	Emi X_5
IndESGA/NCR/QCR (*)	5,4638	0,2082	-0,1466			
IndESGA/NCR/QCR/ECLeg (*)	6,0136	0,2105	-0,142	-0,0831		
IndESGA/NCR/QCR/EFisc (*)	6,4814	0,1526	-0,1427	--------	-0,1375	
IndESGA/NCR/QCR/Emi (*)	8,9206	0,266	-0,2752	---------	---------	-0,4827

Efeito contrário novamente se obteve com a comunidade Paredão-Caldeirão, pois houve perdas de correlação com a inclusão de novas variáveis explicadas por R^2_{aj}. A Tabela 13 apresentou o R^2_{aj} da variável ECLeg igual a -6,77%, e para a EFis igual a -6,74%. A Emi se apresentou com menor eficiência quando comparado às demais variáveis, com R^2_{aj} igual a -0,26%, contribuindo negativamente com o IndESGA.

A ARM indicou que os coeficientes angulares médios não apresentam influência sobre o IndESGA (Tabela 14).

O sistema de gestão ambiental analisou costumes dos ribeirinhos indicando, de modo prático, os procedimentos adequados de preservação do reservatório. Isso surtiu efeito positivo na mudança de hábitos e atitudes desses moradores. O fato da variável independente mudança interna da imagem da empresa (Emi) apresentar-se como positiva junto ao IndESGA significa êxito do trabalho da equipe do sistema de gestão ambiental na comunidade da borda do reservatório (R5 e P10).

De modo contrário, para a comunidade Paredão-Caldeirão (R2) as taxas dos coeficientes apresentadas na Tabela 15 mostraram que as variáveis QCR, ECLeg e Emi não influenciaram de forma positiva a eficiência do SGA. Assim, depreende-se que esta comunidade estivesse vivenciando possíveis "conflitos" com a empresa.

As variáveis independentes QCR, ECLeg, E.Fisc e Emi decrescem o IndESGA, agindo de forma negativa no processo quando se analisa a comunidade Paredão-Caldeirão (P2). Tal fato pode ser ainda explicado pela total falta de correlação entre as variáveis independentes e o IndESGA. Neste caso específico, o coeficiente de determinação obtido foi muito baixo (Tabela 13).

$$Ind.ESGA = -5{,}0625 - 0{,}4254\ NCR + 1{,}052\ QCR + 0{,}7371\ Emi \quad (4)$$

trabalho educativo aplicado pelo sistema de gestão ambiental na comunidade do reservatório deve ser uma atividade constante e de caráter permanente, pois, trata-se de área de segurança da barragem.

Contudo, o sistema de gestão ambiental necessita melhorar sua atuação na área da comunidade do Paredão-Caldeirão, no sentido provocar mudanças de comportamento, utilizando-se da educação ambiental como principal interventora no processo de preservação. Autores como Kurb e Prokopenko (1989), Maimon (1999), Layrargues (2004) mostram que é possível minimizar impactos negativos desenvolvendo um processo educacional efetivo.

A equação 4 indica a eficiência do IndESGA, considerando apenas a comunidade da borda do reservatório (R5 e P10). Contudo, os parâmetros estatísticos R, R^2 e R_{aj}^2 na ARM para a comunidade Paredão-Caldeirão não indicam correlação significativa entre as variáveis:

Nesta equação são consideradas somente as variáveis NCR, QCR e Emi. Os coeficientes angulares apresentam, em todas os casos, um valor positivo e crescente do IndESGA. Neste aspecto, mostra que o objetivo da atuação do sistema de gestão ambiental na política de educação ambiental tem

sido efetiva principalmente, na mudança do comportamento do cidadão ribeirinho. Contudo, com base nos coeficientes de ajustes (R, R^2 e R_{aj}^2 muito baixos) esta análise não pode ser representada como significativa. Os coeficientes angulares indicam que realmente há melhorias contínuas no processo de gestão, mas estas não são significativas ou confiáveis.

CONCLUSÃO

A investigação mostrou que a técnica da análise de regressão múltipla pode ser utilizada como uma ferramenta simples de auxílio ao planejamento, análise e verificação estratégica das equipes do sistema de gestão ambiental da UHE Coaracy Nunes, principalmente junto ao monitoramento de procedimentos que necessitam de interação entre a empresa e as comunidades do entorno.

Este tipo de análise é importante para explorar relações de dependência entre as variáveis educacionais, legais e gerenciais, nem sempre facilmente perceptíveis nos procedimentos convencionais de auditorias ambientais (ISO 14001), e variáveis dependentes de quantificação da eficiência do sistema. A análise detalha as escolhas e critérios gerenciais subjetivos concernentes ao processo dinâmico de tomada de decisão, mesmo quando se consideram as respostas como "qualitativas". Portanto, a valoração das variáveis absorve as interações comunidade-empresa de forma simples e valoradas pelos próprios agentes envolvidos no processo SGA, sejam empregados ou sejam agentes sociais comunitários do entorno. Isto é, para efeito de análise democrática todas as opiniões têm o mesmo valor.

Ressalte-se que a manutenção da certificação ambiental ISO 14001 da UHE Coaracy Nunes, apesar de não ser obrigatória, é um desafio local, pois as auditorias ambientais não explicitam, com o rigor necessário, as reais interações entre empresa e comunidade do entorno. Talvez porque não estão inseridas no foco principal da empresa (geração de energia) e este ganho pode ser corrigido ou implementado mediante análises como as apresentadas nesta investigação.

Na medida em que as certificações ISO 14.001 tendem a ser mais rigorosas, no competitivo e exigente mercado hidrelétrico brasileiro, provavelmente terão de se preocupar mais com as complexas relações sociais, econômicas e educacionais que envolvem as interações empresa/sociedade. Este "passivo" ambiental é um ponto relevante observado neste trabalho e deve ser superado ao longo do tempo, conforme observado na literatura da área.

Os resultados obtidos sugerem aos agentes do SGA do setor hidrelétrico que alguns aspectos técnicos normalmente não são considerados nos processos de certificação ambiental das empresas, com ênfase na interação empresa comunidade do entorno, a qual deve ser reforçada e evidenciada nesses procedimentos.

Evidencia-se este problema quando se percebe que parte do escopo da certificação ISO 14001 da UHE Coaracy Nunes não está sendo desenvolvida de forma holística ou sistemática, mas apenas focada na geração hidráulica, o que é até compreensível. Mas esse fato deve ter contribuído de alguma forma para que os resultados da eficiência do SGA, frente às comunidades locais, principalmente Paredão-Caldeirão, tenham sido em alguns momentos mal avaliados. Ou seja, o processo de intervenção educacional ou de formação do sistema de gestão ambiental da UHE Coaracy Nunes deve compreender como e quando ocorrem as influências no IndESGA junto às diferentes comunidades impactadas pelo empreendimento.

Outro aspecto relevante, é que os efeitos "educativos" do SGA estão focados apenas na comunidade residente das bordas do reservatório da barragem por estar mais próxima do empreendimento (segurança da geração), mas não na comunidade remanescente da sua construção (passivo ambiental), onde há tendência de ocorrer maiores conflitos socioambientais.

Em relação aos funcionários da UHE Coaracy Nunes, a análise indicou que o papel educacional na formação dos procedimentos e execução do serviço prestado é fundamental para a excelência de seu desenvolvimento na busca da melhoria contínua da gestão ambiental e, em menor grau o conhecimento da legislação (ECLeg), sendo esta última, contudo, também importante para a assimilação dos conhecimentos em geral por ser a base de suas discussões.

Em relação às comunidades observou-se diferenciações significativas para o IndESGA, tais como qualidade dos cursos realizados efetivos para a comunidade de borda do reservatório e não efetivos para a comunidade Paredão-Caldeirão. Ocasionalmente, ocorrendo o mesmo para outras variáveis independentes.

Para a comunidade da borda do reservatório, onde as atividades do sistema de gestão ambiental se intensificaram, foram obtidas melhores correlações entre IndESGA e QCR e Emi. Contudo, na comunidade Paredão-Caldeirão, onde as atividades do sistema de gestão ambiental parecem não ter sido eficientemente desenvolvidas ou executadas, até em uma frequência desejada, pois os resultados indicaram a necessidade de maior investimento em cursos de qualidade e desenvolvimento de políticas educacionais ou gerenciais efetivas, em especial direcionados às alternativas econômicas frente aos problemas ambientais no entorno da UHE.

Como foi observado, alguns dos procedimentos do SGA devem considerar as complexas interações, nem sempre perceptíveis nos SGAs, mas que de fato ocorrem entre empresa-comunidade,
provavelmente diminuindo conflitos potenciais entre ambas. Especial atenção deve ser dispensada a este quesito antes que se iniciem conflitos causados por interesses divergentes entre ambos. Sugere-se que as ações preventivas devam ser priorizadas para o IndESGA tornar-se mais eficiente a partir de ações educativas em detrimento de ações de fiscalização ou repressão às comunidades do entorno.

Considera-se que todo o arcabouço de conhecimentos desenvolvidos para o funcionamento efetivo dos SGAs, isto é, qualidade do processo de educação e formação, legislação, e a mudança interna da empresa sejam integrados de forma mais harmoniosa com benefícios mútuos para a empresa e as comunidades do entorno.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio financeiro do CNPq - BOLSA PRODUTIVIDADE PQ - Processo: 305657/2009-7, ao Laboratório de Modelagem e Simulação Computacional /CCAM/UNIFAP, Núcleo de Hidrometeorologia e Energias Renováveis - NHMET/IEPA e Programa de Pós-Graduação em Direito Ambiental e Políticas Públicas-PPGDAPP/UNIFAP.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BÁRBARA, V. F. **Uso do Modelo QUAL2E no Estudo da Qualidade da Água e da Capacidade de Autodepuração do Rio Araguari – AP (Amazônia)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 174 p. 2006.

BÁRBARA, V. F.; CUNHA, A. C.; RODRIGUES, A. S. L. e SIQUEIRA, E. Q. **Monitoramento sazonal da qualidade da água do rio Araguari/AP**. Revista Biociências, UNITAU. Volume 16, número 1. p 57-72. 2010.

BARBIERI. C. J. **Gestão empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. São Paulo: Saraiva, 2007.

BRITO, A. C. U. **Certificação ISO 14001 e educação ambiental: estudo de caso do sistema de gestão ambiental da Usina Hidrelétrica de Coaracy Nunes-AP**. 125 p. Dissertação de Mestrado em Direito Ambiental e Políticas Públicas. UNIFAP. Macapá-Amapá, 2008a.

BRITO, D. C. **Aplicação do sistema de modelagem da Qualidade da Água qual2kw em Grandes Rios: O Caso da Alto e Médio rio Araguari - AP**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Amapá. 2008b.

CALLENBACH, E; CAPRA, F.; GOLDMAN, L. **Gerencialmento ecológico – Eco Management. Guia do Instituto Elemwood de auditoria ecológica e negócios sustentáveis**. São Paulo: Cultrix, 1993.

CARVALHO, E. F. **Meio Ambiente e Direitos Humanos**. Curitiba: Juruá, 2006.

CHIAVENATO, I. **Recursos humanos**. São Paulo, Atlas, 1994.

COSTA, H. S. *Energia **Renováveis*: a energia que o mundo precisa. Revista Sustentabilidade**.(2010). Disponível em: <http://www.revistasustentabilidade.com.br/artigos/ renovaveis-a-energia-que-o-mundo-precisa>. Acesso em: 22 de maio de 2012.

CROPPER, A; BRADLOW, D.; HALLE, M. **Regulation, compliance and implementation. WCD** Thematic Review Issues. USA, v. 4, n. 10, p. 01-85, november, 2000.

CUNHA, A. C.; BRITO, D. C.; CUNHA, H. F. A.; SHULZ, H. E. **Dam Effect On Stream Reaeration Evaluated With The Qual2kw Model: Case Study Of The Araguari River, Amazon Region, Amapá State/Brazil**. In: Sustainable water management in the tropics and case studies in Brazil. (**Orgs)** Caroline Billibio, Oliver Hensel and Jefferson Selbach. Universidade Federal do Pampas (Brazil) e Universidade de Kessel (Alemanha). Vol 2, p. 153–178. 2011.

CUNHA, H. F. A. **Avaliação da eficácia de medida mitigadora de impactos socioambientais causados por construções hidrelétricas: o reassentamento populacional da UHE de Taquaruçu**. 1999. 148 p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental). Escola de Engenharia de São Carlos - EESC-USP, São Carlos, 1999.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil) (2010). *Balanço energético nacional 2010:* Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro: EPE. Disponível em: <http://www.epe.gov.br>. Acesso em 22 de maio de 2012.

HAIR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TAHAM, R. L.; BLACK, W. C. **Análise multivariada de dados.** 5ª Ed. Tradução Adonai Schlup Sant'Ana e Anselmo Chaves Neto. Porto Alegre – RGS. Bookman, 2005.

JUNK, W. J.; MELLO, J. A. S.; NUNES, D. E. **Impactos ecológicos das represas hidrelétricas na bacia amazônica brasileira.** São Paulo: Estudos Avançados, 1990.

KARPINSKI, C. **O estudo de impacto ambiental e as populações afetadas por usinas hidrelétricas: o caso de Campos Novos e Barra Grande (Santa Catarina, 1987-2003).** Santa Catarina: UFSC, 2003.

KURB, M.; PROKOPENKO, J. **Diagnosing management training and development needs. Concepts and techniques**. Geneva: Internacional Labour Office. Management Deselopment Series N. 27, 304p. 1989.

LAYRARGUES, P. P. (Org). **Identidades da educação ambiental**

brasileira. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004.

LAYRARGUES, P. P. **Ideology and the environment: business leaders adopt a strategy of environmental discourse regarding ISO 14000**. São Paulo: Ciência e Cultura, 2000.

LEITE, J. R. M. Dano ambiental: do individual ao coletivo extrapatrimonial**. São Paulo: RT, 2000.**

LEITE, M. A. **Impacto Ambiental das Usinas Hidrelétricas**. II Semana do Meio Ambiente. UNESP. Ilha Solteira, junho 2005.

LEVINE, D. M.; STEPHEN, D.; KREHBIEL, T. C.; BERENSON, M. L. **Estatística - teoria e aplicações**: usando o Microsoft Excel em português. Rio de Janeiro: LTC, 2005.

LOUREIRO, C. F. B.; LAYRARGUES, P. P.; CASTRO, R. S. (Org.). **Pensamento complexo, dialético e educação ambiental**. São Paulo: Cortez, 2006.

MACHADO, P. A. L. M. Direito ambiental brasileiro**. 14ª ed., revista, atualizada e ampliada. São Paulo: Malheiros, 2006.**

MAIMON, D. **ISO 14001: passo a passo da implantação nas pequenas e médias empresas.** Rio de janeiro: Ed. Qualitymark, 1999.

MEDEIROS, F. F. **Meio Ambiente: direito e dever fundamental**. Porto Alegre: livraria do Advogado, 2004.

MILES, M. P.; COVIN, J. G. **Environmental marketing: a source of reputational, competitive and financial advantage**. Journal of Busines Ethics. Netherlands, v. 23, nº 10, p. 299 – 311, 2000.

MORIN, E. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. São Paulo: Cortez, 2000.

PENA-VEJA, A. **Edgar Morin: ética, cultura e educação**.São Paulo: Cortez, 2003.

ROMÃO, J. E. **Pedagogia dialógica.** São Paulo: Cortez- Instituto Paulo Freire, 2002.

SCHMIDT, A. **El Concepto de natureza em Marx**. Madrid: Siglo XXI, 1983.

VIEGAS, A. **A educação ambiental para além da limitação compreensiva e da incapacidade discursiva. Niterói**-RJ: UFF, 1995.

VON KORFF, Y.; P. D'AQUINO, K. A.; DANIELL, and. BIJLSMA. R. **Designing participation processes for water management and beyond**. Ecology and Society 15(3): 1. 2010. [online] URL: http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss3/art1/. Acessado em 2011.

VÖRÖSMARTY, C.J., MEYBECK, M., FEKETE, B., SHARMA, K., GREEN, P. SYVTITSKI, J. P. **Anthropogenic sediment retention: major global impact from registered river impoundments**. Global and Planetary Change 39, 169-190. 2003.

Recebido em: mai/2011
Aprovado em: mai/2012

Efeito da fertirrigação combinado com a adubação mineral e orgânica sobre as propriedades químicas do solo

Effect of fertirrigation combined with mineral and organic fertilization on soil chemical properties

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do uso combinado da irrigação com esgoto tratado com as práticas agronômicas da adubação mineral e orgânica e da calagem sobre as propriedades químicas do solo. O experimento foi realizado em casa de vegetação, no delineamento experimental inteiramente casualizado, tendo como unidades experimentais vasos com capacidade de 14 L. Os tratamentos constaram de três combinações, adubo, efluente e dez variedades de batata-doce, constituindo um fatorial 3 x 10, com 10 repetições. Os resultados obtidos indicaram que a irrigação com efluente de esgoto tratado trouxe efeitos benéficos para o solo estudado, notadamente, no aumento da capacidade de troca catiônica (CTC). Além disso, complementado pela adubação química e mineral, o efluente melhorou os níveis de fertilidade do solo ao incrementar as concentrações de macro elementos.

PALAVRAS-CHAVE: fertirrigação; química do solo; reuso.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of combined use of irrigation with treated sewage to the agronomic practices of mineral and organic fertilization and liming on soil chemical properties. The experiment was conducted in a greenhouse in a completely randomized design, with pots as experimental units with a capacity of 14 L. Treatments consisted of three combinations: fertilizer, effluent and ten varieties of sweet potato, constituting a factorial 3 x 10, with 10 repetitions. The results indicated that irrigation with treated sewage effluent has brought beneficial effects in the studied soil, notably in the increased cation exchange capacity. Moreover, supplemented by mineral and chemical fertilizers, improved the effluent levels of soil fertility by increasing the concentrations of macro elements.

KEYWORDS: fertirrigation; soil chemistry; reuse.

Liliana Pena Naval
Bióloga, doutorado em Engenharia Química. Docente da Universidade Federal do Tocantins. Palmas, Tocantins, Brasil
liliana@uft.edu.br

Fued Abrão Junior
Engenheiro Ambiental, Mestre em Ciências do Ambiente pela UFT. INFRAERO-Superintendência Regional do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
fajunior.sbgl@infraero.gov.br

Daniel Vidal Pérez
Pesquisador A da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Doutorado em Química pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, Brasil
danperezenator@gmail.com

INTRODUÇÃO

De acordo com o *World Resources Institute* (WRI, 2000), se nos dias atuais quase metade da população mundial enfrenta problemas de escassez de água, sobretudo no que se refere à disponibilidade de águas superficiais, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA, 2004) alerta que as previsões para os próximos anos não são nada favoráveis nem, tampouco, otimistas.

Para Brown (2003), o mundo caminha para um déficit hídrico generalizado, em que a irrigação é uma grande contribuinte desta realidade, dado ao aumento e à evolução tecnológica das formas de captação de água (bombas elétricas e a combustíveis fósseis de grande potência) ocorrida no último meio século. Esta afirmação corrobora com Câmera e Santos (2002) que, além de ratificarem que a irrigação é a atividade humana que mais consome água, estimam que o percentual deste tipo de uso frente aos demais é da ordem de 80%.

Segundo Hespanhol (2003), no Brasil 70% da água consumida é destinada à agricultura, o que permite concluir que a falta deste recurso passa a ser um fator limitante à produção agrícola; ante o que, a reciclagem e o reuso de água vêm tornado quase que uma necessidade para a conservação e manutenção das fontes naturais ainda existentes (USEPA, 2004). De acordo com a *Food and Agriculture Organization* (FAO, 2003), o total de áreas com solos irrigados com esgoto concentrado ou diluído, é estimado em 20 milhões de hectares distribuídos em 50 países, representando aproximadamente 10% das áreas irrigadas em países em desenvolvimento. Neste contexto, o emprego de efluentes de esgotos tratados na irrigação se tem mostrado como fonte alternativa viável de água, desde que tomados os devidos cuidados e controles (Hespanhol, 2003).

Pollice et al. (2003), avaliaram os efeitos da irrigação com efluentes tratados sobre o solo e cultivares de tomates e funcho, e observaram que não houve alterações significativas em suas propriedades químicas e microbiológicas. De acordo com Bastos (1999), 70% das áreas irrigadas com efluentes no Peru são destinadas ao cultivo de hortaliças.

Devido ao grande potencial de geração de esgoto doméstico tratado e em virtude do déficit hídrico que vem se acentuando, a prática do reuso na agricultura apresenta-se não apenas como uma prática viável, mas também importante. Nesse sentido este estudo objetivou conhecer o comportamento do solo frente a este tipo de atividade.

OBJETIVO

Avaliar o efeito do uso combinado da irrigação com efluente de uma estação de tratamento de esgoto com as práticas agronômicas da adubação mineral e orgânica e da calagem sobre as propriedades químicas do solo.

METODOLOGIA

O experimento foi realizado em casa de vegetação, no delineamento experimental inteiramente casualizado, tendo como unidades experimentais vasos com capacidade de 14 L preenchidos com amostra seca e destorroada da camada de 0 a 15 cm de profundidade de um Latossolo Vermelho-Amarelo (Tabelas 1 e 2). Os tratamentos constaram de três combinações, adubo, efluente e dez variedades de batata-doce, constituindo um fatorial 3 x 10, com 10 repetições. A configuração de cada tratamento foi a seguinte: T1: irrigação com efluente de esgoto tratado em solo de pH corrigido por calagem; T2: irrigação com efluente de esgoto tratado em solo de pH corrigido por calagem e adubado (química e organicamente); T3: irrigação com água em solo de pH corrigido por calagem e adubado (química e organicamente).

A adubação e calagem seguiram as recomendações de Ribeiro et al. (1999), sendo aplicados em função dos tratamentos, 41,5 g/vaso de calcário dolomítico, 15,0 g/vaso de adubo mineral (Tabela 3) e 150,0 g/vaso de adubo orgânico (Tabela 4).

As dez cultivares de batata doce [*Ipomoea batatas (L) Lam*] utilizadas foram: 7 clones (C08, C48, C58, C100, C106, C112, C114) e 3 variedades (Palmas, Brasilandia Roxa e Branca); esta olerícola foi escolhida por se adaptar bem às condições locais, além de servir como alimento e matéria-prima para a produção de álcool.

O efluente usado ao longo do experimento foi proveniente de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), a qual é composta de Filtro Biológico seguido de Reator UASB; os parâmetros analisados foram aqueles que constituem os principais agentes poluidores de corpos d'água por esgotos domésticos e industriais (Von Sperling, 2005). Os procedimentos analíticos foram realizados de acordo com APHA (2005).

Para estimar a quantidade de água utilizada na irrigação, adotou-se o método Epan, conforme a descrição apresentada por Papadopoulos (1999); trata-se de um método simples que, a partir de medições básicas da evaporação da água de um Tanque Classe A, localizado na área cultivada, estima a evapotranspiração da cultura através de equações matemáticas e, consequentemente, a necessidade de água por ela demandada; na fase inicial, correspondente ao período seco, foi aplicada uma lâmina d'água de 14 L m^{-2} dia^{-1}; na fase final, referente ao período chuvoso,

Tabela 1. Características químicas e físicas do Latossolo Vermelho-Amarelo utilizado no experimento

Profundidade	pH-H_2O	C	N	Ca	Mg	Na	K	Al	CTC	P	Argila	Areia	Silte
Cm		g kg^{-1}		---------- $cmol_c$ kg^{-1} ---------						mg kg^{-1}	--------g kg^{-1} ---		
0-15	5,4	9,1	0,8	0,5	0,3	0,01	0,18	0,1	4,8	1	220	706	74

Tabela 2. Características químicas e físicas do Latossolo Vermelho-Amarelo utilizado no experimento

Profundidade	Fe	Mn	Zn	Cu	Cr	Ni	Cd	Pb
Cm	---------- mg kg^{-1} ----------							
	Mehlich 1							
0-15	13,7	2,43	0,60	0,25	0,029	0,069	< LD	0,24
	Água Régia							
0-15	22240	43,3	6,07	3,79	21,9	3,47	2,56	1,39

< LD significa menor que o limite de detecção

Tabela 3. Características químicas dos insumos utilizados no experimento

Insumo	Fe	Mn	Zn	Cu	Cr	Ni	Cd	Pb
	---------- g kg^{-1} ----------							
NPK 4-14-8	19,6	1,18	5,32	0,19	0,044	< LD	< LD	0,46
Calcário	1,23	0,03	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD

< LD significa menor que o limite de detecção

Tabela 4. Características químicas dos insumos utilizados no experimento

Adubo Orgânico*

C	N	Ca	Mg	Na	K	P	Al	Fe	S
---------- g kg^{-1} ----------							----------g.kg^{-1}----------		
45,2	6,23	79,7	7,17	1,22	10,42	17,42	22,1	10,9	0,004

Metais

B	Mn	Zn	Co	Cu	Cr	Ni	Cd	Pb
---------- g kg^{-1} ----------								
0,06	0,39	0,34	<LD	0,05	0,01	<LD	0,001	0,002

* Composto de esterco de galinha e casca de arroz; < LD significa menor que o limite de detecção

Tabela 5. Composição química média de efluente proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto

Variável	Efluente	Variável	Efluente
pH	6,5	Na (mg L^{-1})	45,0
Sólidos Totais (mg L^{-1})	247	S (mg L^{-1})	18,0
Sólidos Solúveis Totais (mg L^{-1})	49	Cu (mg L^{-1})	0,04
Sólidos Dissolvidos Totais (mg L^{-1})	202	Fe (mg L^{-1})	0,38
$N_{AMONIACAL}$ (mg L^{-1})	22	Mn (mg L^{-1})	0,06
$N_{ORGÂNICO}$ (mg L^{-1})	8	Zn (mg L^{-1})	0,06
N_{TOTAL} (mg L^{-1})	30	Ni (mg L^{-1})	0,04
P (mg L^{-1})	5	Cr (mg L^{-1})	0,12
K (mg L^{-1})	12,0	Pb (mg L^{-1})	0,02
Ca (mg L^{-1})	16,0	Cd (mg L^{-1})	0,03
Mg (mg L^{-1})	3,0	B (mg L^{-1})	0,05
Alcalinidade (mg L^{-1})	116	Co (mg L^{-1})	0,03
DBO (mg L^{-1})	36	-	-

aplicaram-se 7 L m^{-2} dia^{-1}; desta forma, foi aplicado um volume total de 14,10 m^3, que equivaleu a 150 L/vaso. Um semestre após o plantio foram coletadas amostras de solo em todas as unidades experimentais, nas quais foram analisados pH (em água), capacidade de troca catiônica (CTC), carbono orgânico (C orgânico), nitrogênio total (N total), fósforo assimilável (P), micronutrientes (Fe, Mn, Zn, Cu) e metais (Cr, Cd, Pb, Ni) extraídos por solução Mehlich 1, segundo EMBRAPA (1997).

Os dados de solo (pH, C, N, Ca, Mg, Na, K, CTC, P, Fe, Mn, Zn, Cu, Cr, Ni, Cd e Pb) obtidos foram analisados estatisticamente, empregando-se o Proc GLM do *Statistical Analysis System* (SAS, 2000). Para os resultados significativos encontrados pelo teste F, foi aplicado o teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade, a fim de se classificar as médias de tratamentos; em alguns casos, se usou a transformação raiz quadrada ($\sqrt{x} + 1$), visando homogeneizar os dados quando a razão entre o maior e o menor valor da variável a ser analisada apresentou resultado superior a 20, em conformidade com Fernandez (1992).

RESULTADOS

A análise de variância indicou para a maioria das variáveis de solo analisadas, que apenas a aplicação de efluente exerceu efeito significativo sobre as características avaliadas, situação em que o efeito da aplicação foi estudado como se não existisse o efeito dos clones e de sua interação (Gomes, 1982). Em função da variação nas quantidades de efluente e adubo adicionadas ao solo e das condições de realização do experimento, é possível particularizar o efeito de alguns desses fatores sobre os parâmetros de solo estudados; com respeito ao pH e apesar dos três tratamentos terem contado com a mesma correção (calagem), aquele que recebeu água (T3) ao invés do efluente, foi o que apresentou um valor de pH significativamente maior que os outros 2 tratamentos (Tabela 6**).** É possível especular que tal resultado esteja relacionado ao elevado poder tampão da matéria orgânica, que se traduz pelo seu Ponto de Carga Zero (PCZ) próximo a 2,0 (Uehara, 1988) e a elevada carga elétrica de superfície dos colóides orgânicos (Silveira et al., 2003; neste sentido, o significativo aumento do teor de matéria orgânica no solo, medido indiretamente pelo aumento do teor de carbono orgânico em T1 e T2, corrobora com esta hipótese, (Tabela 6).

A principal fonte de cálcio nos três tratamentos de solo estudados, foi o calcário; mesmo assim, não se pode negligenciar a contribuição dos fertilizantes, tanto minerais como orgânicos; daí, o resultado de Ca em T1 ter sido significativamente menor que os outros, já que esse tratamento não recebeu adubação.

Os teores de potássio obtidos também expressam a contribuição do fertilizante, principalmente, o de origem mineral; ou seja, T2 mostrou concentração de K significativamente maior (Tabela 6),

Ta bela 6. Características químicas do Latossolo Vermelho Amarelo submetido a três tipos de combinação, entre irrigação e adubação, ao término do experimento

Tratamento	pH-H_2O	C	N	Ca	Mg	Na	K	CTC	P
		--------- g kg^{-1}---		---------- $cmol_c$ kg^{-1} ----------					mg kg^{-1}
Efluente + calcário (T1)	6,99 b	10,1 a	0,9 a	3,3 b	1,3 a	0,67 a	0,06 c	6,2 a	9 c
Efluente + calcário + adubo (T2)	6,93 b	10,0 a	0,9 a	3,9 a	0,9 c	0,63 a	0,15 a	6,2 a	244 a
Água + calcário + adubo (T3)	7,37 a	9,3 b	0,9 a	4,0 a	1,1 b	0,30 b	0,12 b	5,4 b	129 b
CV	5	12	11	13	18	34	3*	13	41*

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna significa que são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

*Análise de variância calculada com dado transformado por raiz quadrada

pois envolveu duas fontes desse elemento: a principal, oriunda do adubo mineral (NPK) e a secundária, do efluente; o T3 apresentou um resultado intermediário, visto que só possuía a contribuição do K do fertilizante mineral; por último, T1 só contava com a contribuição do efluente que, comparativamente, possui menos K.

É notória a preocupação com o aumento da concentração de sódio em solo pelo uso de efluentes (Pescod, 1992) o que, também, foi observado no presente estudo; isto é, as maiores concentrações de Na foram encontradas nos tratamentos T1 e T2 (Tabela 6), diferindo significativamente do que foi irrigado com água (T3). Vale ressaltar, no entanto, que os valores de RAS (Razão de Adsorção de Sódio) calculados para T1 e T2 foram, respectivamente, 1,2 $meqL^{-1}$ e 1,1 $meqL^{-1}$, não oferecendo, portanto, risco potencial às plantas (USEPA, 2004).

O aumento significativo da Capacidade de Troca Catiônica (CTC) verificado em T1 e T2 está relacionado ao incremento, também, significativo, do teor de carbono orgânico nesses tratamentos (Tabela 6), A maior influência da matéria orgânica nas propriedades químicas do solo reside na alteração do seu complexo coloidal; isso se reflete diretamente no aumento de cargas superficiais negativas e, consequentemente, a maior retenção de cátions (Zech et al., 1997; Abreu Jr. et al., 2001). Como, em média, os valores de pH se mantiveram próximos à neutralidade (Tabela 6) e superiores ao valor correspondente ao PCZ da matéria orgânica, que é de aproximadamente 2,0 (Uehara, 1988), se justifica o aumento de cargas superficiais negativas (medidas através da CTC) em função da aplicação de efluente em T1 e T2.

Os teores de fósforo, tal como os de potássio, também representam a contribuição dos fertilizantes. Ressalta-se, contudo, que o baixo valor de P obtido em T1 está relacionado, provavelmente, à baixa concentração de P no efluente (Tabela 5) e à possibilidade de formação de fosfato de cálcio, que é insolúvel, oriundo da reação de uma fonte em que o P encontra-se totalmente dissolvido, como é a forma presente no efluente, com o calcário.

Apesar de se esperar um teor de nitrogênio maior nos tratamentos que receberam o efluente como fonte de água, observa-se (Tabela 6) que, estatisticamente, não houve diferenciação para os teores desse elemento entre os tratamentos empregados. Fonseca (2001) observou que as perdas de nitrogênio pela volatilização de NH_3 em solos irrigados com efluentes têm sido altas. Ramirez-Fuentes et al. (2002) observam, também, que outras formas de perda de N em solos que receberam efluentes podem ocorrer em decorrência da lixiviação de nitrato, oriundo da nitrificação do NH_4^+ presente no efluente, ou da desnitrificação, processo de redução biológica do N mineral até N_2, que pode ocorrer quando o solo fica encharcado, após a aplicação do efluente.

As maiores concentrações de manganês obtidas em T2 e T3 refletem, sem dúvida, a elevada contribuição, via fertilizante mineral e orgânico, como se apresenta na Tabela 3 e 4, uma vez que o teor de Mn no efluente foi baixo (Tabela 5), o que corrobora Pescod (1992) e Bastos et al. (2003).

Os resultados de ferro e cobre também refletem a contribuição do adubo mineral e orgânico (Tabela 3 e Tabela 4); contudo, desta vez não se pode descartar a participação do efluente (Tabela 3), que embora não apresente valores significativos destes elementos por unidade de volume, contribuiu cumulativamente para os incrementar; assim, T2 foi o tratamento que, significativamente, destacou-se, pois apresentava as

Tabela 7. Características químicas do Latossolo Vermelho Amarelo submetido a três tipos de combinação, entre irrigação e adubação, ao término do experimento

Tratamento	Fe	Mn	Zn	Cu	Cr	Ni	Cd	Pb
	---------- mg kg^{-1}----------							
	Mehlich 1							
Efluente + calcário (T1)	5,8 b	3,7 b	1,6 c	0,19 b	0,030 b	0,050 c	0,001 b	0,12 a
Efluente + calcário + adubo (T2)	9,01 a	5,9 a	10,3 a	0,26 a	0,088 a	0,086 a	0,030 a	0,07 b
Água + calcário + adubo (T3)	6,2 b	6,4 a	7,8 b	0,18 b	0,079 a	0,066 b	0,022 a	0,05 b
CV	22	21	18*	3*	1*	1*	1*	3*

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

* Análise de variância calculada com dado transformado em √ (raiz quadrada)

duas contribuições, tanto do adubo mineral e orgânico, quanto do efluente; já T1 e T3 indicaram menores valores de Fe e Cu, pois tinham apenas duas fontes de contribuição; o comportamento do zinco é similar ao do K e P (Tabela 7).

Também, no caso do cádmio, os resultados obtidos no solo (Tabela 7) refletem as contribuições dos insumos utilizados (Tabela 4 e 5), em que o adubo orgânico e o efluente são os principais contribuintes; desta forma, T2 e T3 apresentaram valores significativamente maiores que T1. Quanto ao Ni, apesar do efluente ser o principal contribuinte (Tabela 3), os dois tratamentos que levaram sua aplicação, T1 e T2, diferiram significativamente.

Com respeito ao chumbo existem, aparentemente, dois mecanismos envolvidos; o efluente torna o Pb mais disponível devido à sua facilidade de complexação pela matéria orgânica (Silveira et al., 2003); com isso, esperava-se que tanto T1 como T2 apresentassem os maiores valores de Pb no solo; mas, o que se observa é que a concentração de Pb no solo de T2 é significativamente menor que o de T1; Melamed et al. (2003) observaram que o P forma facilmente compostos insolúveis com Pb; como o solo de T2 apresenta concentração de P disponível significativamente superior ao de T1 (Tabela 6), justifica-se, então, o fato observado de que Pb é significativamente maior em T1 do que em T2 (Tabela7).

CONCLUSÃO

O efeito do uso combinado da irrigação com esgoto tratado com as práticas agronômicas da adubação mineral, 15,0 g/vaso, e orgânica, 150,0 g/vaso, e da calagem, 41,5 g/vaso, sobre as concentrações dos elementos químicos analisados, C, N, Ca, Mg, Na, K, P, Fe, Mn, Zn, Cu, Cr Ni, Cd, Pb, possibilitou verificar que a adição de 150 L/vaso* esgoto tratado contribuiu para o incremento dos nutrientes N, P e K, essências ao desenvolvimento vegetal, mas em concentrações inferiores à adubação química, o que não permite considera-lo um substituto à esta. Entretanto, o esgoto causou variação na concentração de C, 10,0 gkg^{-1} contra 9,3 gkg^{-1}

Nas parcelas que não o receberam, influenciando positivamente no aumento de aproximadamente 13% da capacidade de troca catiônica (CTC), do solo. Esse efeito quando associado às práticas agronômicas de correção da acidez e de correção química, melhoraram os aspectos nutricionais do solo. Nesse sentido, as parcelas adubadas e irrigadas com efluente quando comparada àquelas adubadas e irrigadas com água, apresentaram variações percentuais positivas de 20% e 47% para os macronutrientes K e P, e de 24% e 30% para os micronutrientes Zn e Cu. No que se refere à sodicidade do solo, avaliada a partir da razão de de sódio, as parcelas irrigadas com esgoto apresentaram maiores valores, variando de 1< rãs <1,2, o que não é considerado um fator de risco ao desenvolvimento vegetal, dado que este é de ras<3.

Quanto aos metais de interesse do ponto de vista da contaminação, principalmente Cr, Cd e Pb o efluente não influenciou significativamente em seus teores, com exceção do Pb que apresentou 50% a mais de concentração na parcelas não adubadas e com ele irrigadas. Entretanto, essa concentração de 0,12 $mgkg^{-1}$, está abaixo daquela considerada critica para irrigação, que aproximadamente 5 $mgkg^{-1}$.

Em geral, o esgoto se mostrou uma fonte de água alternativa à irrigação, não apresentado riscos significativos quanto ao aumento da sodicidade e a contaminação do solo por metais. Ademais, o incremento do carbono orgânico é benéfico do ponto de

vista agronômico. Assim, se bem administrada, a irrigação de determinadas culturas agrícolas com esgoto tratado pode reduzir o uso de água convencional na agricultura, podendo reduzir os custos de produção e o redirecionamento da quantidade de água não utilizada para fins potáveis, como abastecimento humano e animal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU JR, C. H.; MURAOKA, T.; OLIVEIRA, F. C. Cátions trocáveis, capacidade de troca de cátions e saturação por bases em solos brasileiros adubados com composto de lixo urbano. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.58, p.813-824, 2001.

APHA, American Public Health Association, **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21 st, Centennial Edition, Washington, 2005.

BASTOS, R. K. X. Fertirrigação com Águas Residuárias. In: FOLEGATTI, M. V. (Coord.) **Fertirrigação: citrus, flores e hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 1999. p. 279-291

BASTOS, R. K. X.; ANDRADE NETO, C.O; CORAUCCI F. B.; MARQUES, M. O. Introdução. In: BASTOS, R. K. X. (Org.). **Utilização de Esgotos Tratados em Fertirrigação, Hidroponia e Piscicultura**. Viçosa: ABES/RiMa, 2003, p. 1-22.

BROWN, L. R. **Eco-Economia: construindo uma economia para Terra**. Salvador: UMA, 2003.

CÂMARA, J. B. D.; SANTOS, T. C. C. (Orgs.). **GEO Brasil 2002: perspectivas do meio ambiente no Brasil**. Brasília: IBAMA, 2002.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Brasília: Embrapa, 1997.

FERNANDEZ, G. C. J. Residual analysis an data transformations – Important tools in statistical analysis. **Hortscience**, Alexandria, v.27, n. 4, p. 297-300, 1992.

FONSECA, A. F. Disponibilidade de nitrogênio, alterações nas características químicas do solo e do milho pela aplicação de efluente de esgoto tratado. Piracicaba: ESALQ, 2001. 110p. Dissertação Mestrado

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Roma. Agriculture, food and water: a contribution to the world water development report. Roma, 2003.

GOMES, F. P. **Curso de Estatística Experimental.** 10. Ed. Piracicaba, SP: Potafos, 1982.

HESPANHOL, I.. Potencial de reuso no Brasil: agricultura, industria, município e recarga de aquíferos. In: MANCUSO, P. C. S.; Santos, H. F. (Eds.) **Reuso da água**. São Paulo: Ed. Malone, 2003. v. 1, p. 37-95.

MELAMED, R.; CAO, X.; CHEN, MING; MA, L.Q. Field assessment of lead immobilization in a contaminated soil after phosphate application. **The Science of the Total Environment**, Amsterdam, v.305: 117 27 2003.

PAPADOPOULOS, I. Fertirrigação: situação atual e perspectivas para o futuro. In: FOLEGATTI, M. V. (Coord.). **Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 1999.

PESCOD, M. B. **Wastewater treatment and use in agriculture**. Roma: FAO. 1992.

POLLICE A., LOPEZ A, LAERA G, RUBIDO P, LONIGRO A. Tertiary filtered municipal wastewater as alternative water source in agriculture: a field investigation in Southern Italy. **Science of the total environment**, Elsevier, 2003. Disponível em http://www.elsevier.com/locate/scitotenv . Acesso em: 27 out. 2005.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA MEIO AMBIENTE. **Perspectiva para o meio ambiente mundial – 2002: Geo 3, passado presente e futuro**. OSTORINO, R. (coord.); SHELLARD, S.; CORREA, N. B (Trads.). Brasília: IBAMA/UMA: 2004.

RAMIREZ-FUENTES, E., LUCHO-CONSTANTINO, C., ESCAMILA-SILVA, E.. DENDOOVEN, L. Characteristics, and carbon an nitrogen dynamics en soil irrigated with wastewater for different lengths of time. **Bioresource Technology**: Elsevier, 85, p. 179-187, 2002.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V, V. H. **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999.

SAS. **SAS-System for Windows**. Cary (USA): SAS Institute Inc., v.8. 2000. CD-ROM.

SILVEIRA, M. L. A; ALLEONI, L.R.F.; GUILHERME, L.R.G. Biosolids and heavy metals in soils. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.60, p.793-806, 2003.

Von SPERLING, M. **Introdução à qualidade da águas e ao tratamento de esgoto**. – 3.ed.- Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

UEHARA, G. Acric properties and their significance to soil classification. In: INTERNATIONAL SOIL CLASSIFICATION WORKSHOP, 8. 1986, Rio de Janeiro, RJ. **Proceedings**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNCLS/SMSS/USDA-SCS/UPR, 1988. Part 1: Papers. p.19-22.

UNITED STATES ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY. Guidelines for Water Reuse.. **Technical Report No EPA/625/R-04/108.** Washington: USEPA, 2004.

WORLD RESOURCES INSTITUTE 2000-2001. **People and ecosystems: The fraying web of life**. Washington, DC: World Resources Institute 2000.

ZECH, W.; SENESI, N.; GUGGENBERGER, G.; KAISER, K.; LEHMAN, J.; MIANO, T.M.; MILTNER, A.; SCHROTH, G. Factors controlling humification and mineralization of soil organic matter in the tropics. **Geoderma**. Amsterdam, v.79, p.117-161, 1997.

Recebido em: jun/2011
Aprovado em: mai/2012

Avaliação da regeneração natural da vegetação em área recuperada com biossólido

Assessment of natural regeneration of vegetation in area reclaimed with biosolid

RESUMO

O presente estudo avaliou o efeito da cobertura de biossólido sobre a regeneração natural em área que, em 2003, foi recuperada com a utilização de biossólido, localizada no Aeroporto Internacional de Curitiba "Afonso Pena", São José dos Pinhais, PR. Realizou-se levantamento florístico e fitossociológico em três áreas diferentes, sendo que uma delas foi tratada anteriormente com biossólido. Em cada área foram alocadas seis parcelas de 9 m^2. Foram considerados todos os indivíduos herbáceos, arbustivos, arbóreos e trepadeiras presentes nas parcelas. O levantamento florístico resultou em 63 espécies de 18 famílias. Nas áreas um, dois e três, as densidades absolutas foram 31.667, 119.630 e 41.296 $ind.ha^{-1}$, respectivamente. O índice de similaridade mostrou que as áreas um e três são mais similares. O índice de diversidade das áreas um e três foi similar (1,58 e 1,73), sendo o da área um o menor e o da área dois o maior (2,68). Com os resultados obtidos pode-se afirmar que a cobertura de biossólido contribuiu positivamente para aumentar a densidade e o desenvolvimento dos indivíduos estabelecidos nas parcelas, indicando que a adoção dessa prática na recuperação de áreas degradadas pode acelerar o processo de desenvolvimento das espécies vegetais.

PALAVRAS-CHAVE: fitossociologia, florística, recuperação de área degradada, solo, sucessão ecológica.

Talita Iatski da Silveira
Bióloga, Mestre em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Paraná (UFPR)
Curitiba, PR, Brasil
talita_is@yahoo.com.br.

Leila Teresinha Maranho
Professora no Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental e Curso de Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Positivo (UP)
Curitiba, PR, Brasil
maranho@up.com.br.

ABSTRACT

This research evaluated the effects of the coverage of biosolid on natural regeneration in an area that, in 2003, was reclaimed with the use of biosolid, located in International Airport of Curitiba "Afonso Pena", São José dos Pinhais, PR. We conducted floristic and phytosociological survey in three different areas, one of which was previously treated with biosolid. In each area, six were allocated plots of 9 m^2. We considered all individuals herbaceous, shrubs, trees and vines present on the plots. The floristic resulted in 63 species of 18 families. In areas one, two and trhee, the absolute densities were 31.667, 41.296 and 119.630 $ind.ha^{-1}$, respectively. The similarity índex showed that areas one and three are more similar. The diversity índex o fone and three areas were similar (1,58 and 1,73), being the one area of the smallest and the two area of the largest (2,68). The results obtained reveal that the coverage of biossólido contributed positively to increasing the density and development of individuals established in the plots, indicating that the adoption of this practice in the reclamation of degraded areas can accelerate the development of plant species.

KEYWORDS: ecology succession, floristic, phytosociological, reclamation of degraded areas, soil conservation.

INTRODUÇÃO

A recuperação de solos e áreas degradadas com o uso de biossólido vem sendo uma das alternativas apresentadas pela pesquisa ciência, pois além de propiciar o aproveitamento do biossólido produzido nas estações de tratamento de esgoto e a disposição final deste, que tem sido um problema de grandes proporções no Brasil (ANDREOLI et al., 1999a), fornece quantidades suficientes de vários nutrientes para a maioria das culturas, aumentando a retenção de água, melhorando a permeabilidade e infiltração nos solos argilosos e mantendo, por um tempo, a boa estrutura dos agregados na superfície e reduzindo a erosão (SILVÉRIO, 2004; TAMANINI et al., 2005).

A utilização agrícola e florestal do biossólido torna-se uma alternativa por ser mais econômica e sua aplicação determina impactos ambientais positivos no solo (ANDREOLI et al., 2001). No entanto, além do uso estar condicionado às regras que definam as exigências de qualidade, tanto do material quanto do ambiente a ser utilizado, requer conhecimentos sobre a interação biossólido-solo-planta (ANDREOLI et al., 1999a).

As principais alterações sofridas pelo solo degradado são: a compactação, a erosão, a redução do teor de matéria orgânica e a depleção de nutrientes (NAPPO et al., 2006). A matéria orgânica tem papel fundamental na recuperação de áreas degradadas por facilitar o fornecimento, acúmulo e fixação de carbono no solo, sendo também um dos principais indicadores da recuperação dos solos degradados (TAMANINI et al., 2005).

A distribuição de resíduos vegetais sobre o solo também pode representar uma forma viável de acelerar o processo de sucessão, pois ao avaliar o efeito da cobertura dos solos sobre o estabelecimento e desenvolvimento dos indivíduos nas áreas e clareiras a serem recuperadas, constata-se que, esse material, propicia a germinação de um grande número de sementes logo no início da sucessão (LEAL FILHO et al., 2006).

A regeneração natural depende da característica de cada espécie, em perfeita sintonia com as condições ambientais, sendo as propriedades do solo de grande importância para os ecossistemas terrestres, tendo em vista que a qualidade do mesmo é o que determina a sustentabilidade agrícola e a qualidade ambiental. O substrato, muitas vezes, é o fator limitante de maior grandeza em processos de regeneração, pois a penetração das raízes no solo está diretamente relacionada ao desenvolvimento das plantas e o nível de matéria orgânica é significativo para o equilíbrio do sistema (FARIA; CHADA, 2011; LETEY, 1985; NASCIMENTO et al., 2003; TORMENA et al., 2002).

O processo de transformação da natureza, qualquer que seja a dimensão da análise, não pode ser dissociado da ação exercida pela sociedade. A preocupação com o meio ambiente e as relações entre a sociedade e a natureza constituem um tema de indiscutível relevância (CONTI, 2003). Diante da importância das florestas tropicais do Brasil e da biodiversidade, é essencial consolidar a recuperação de áreas degradadas como uma importante estratégia para a utilização sustentável dos ecossistemas, bem como para a busca da melhoria da qualidade de vida da sociedade (MCT, 2005).

O uso de biossólido na recuperação e colonização de solos degradados deve ser extensivamente estudado, pois a aplicação apropriada desse resíduo pode contribuir para a reabilitação dos solos de maneira segura para o ser humano e o meio ambiente (TAMANINI et al., 2005). Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da cobertura de biossólido sobre a regeneração natural em área que, em 2003, foi recuperada, sendo empregadas a florística e fitossociologia como ferramentas para avaliar se este resíduo é um acelerador da regeneração natural da vegetação ou não, com base no estabelecimento e desenvolvimento de espécies vegetais.
vegetais.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada dentro da área de segurança do Aeroporto Internacional de Curitiba "Afonso Pena", município de São José dos Pinhais, região metropolitana de Curitiba, PR, Sul do Brasil (25°31'39"S e 49°10'23"W), a 908 m de altitude. O valor médio anual de precipitação é de 1.500 mm, o clima da região é do tipo Cfb (Köppen), sendo um clima mesotérmico, úmido e superúmido, sem estação seca definida, com verões frescos e média do mês mais quente inferior a 22 ºC e média do mês mais frio inferior a 18 ºC. O solo é, originalmente, um Argissolo degradado por ações antrópicas, não sendo possível a determinação dos horizontes diagnósticos A e B, em função do decapamento (TAMANINI et al., 2005).

A formação vegetacional original da área de estudo é Floresta Ombrófila Mista Aluvial, situada próximo ao Rio Pequeno (CHUEH; SANTOS, 2005). Fragmentos florestais estão localizados na área de entorno (aproximadamente 30 metros), fora da área de segurança do aeroporto.

Nesta área, em 2003, foi implantada por Tamanini (2004) a recuperação do solo, que havia sido decapado, utilizando biossólido, nas quantidades de 60, 120 e 240 mg ha^{-1}, com posterior plantio de uma espécie forrageira (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke). Após um ano a área foi considerada recuperada pela autora. Segundo Tamanini (2004), a área apresenta

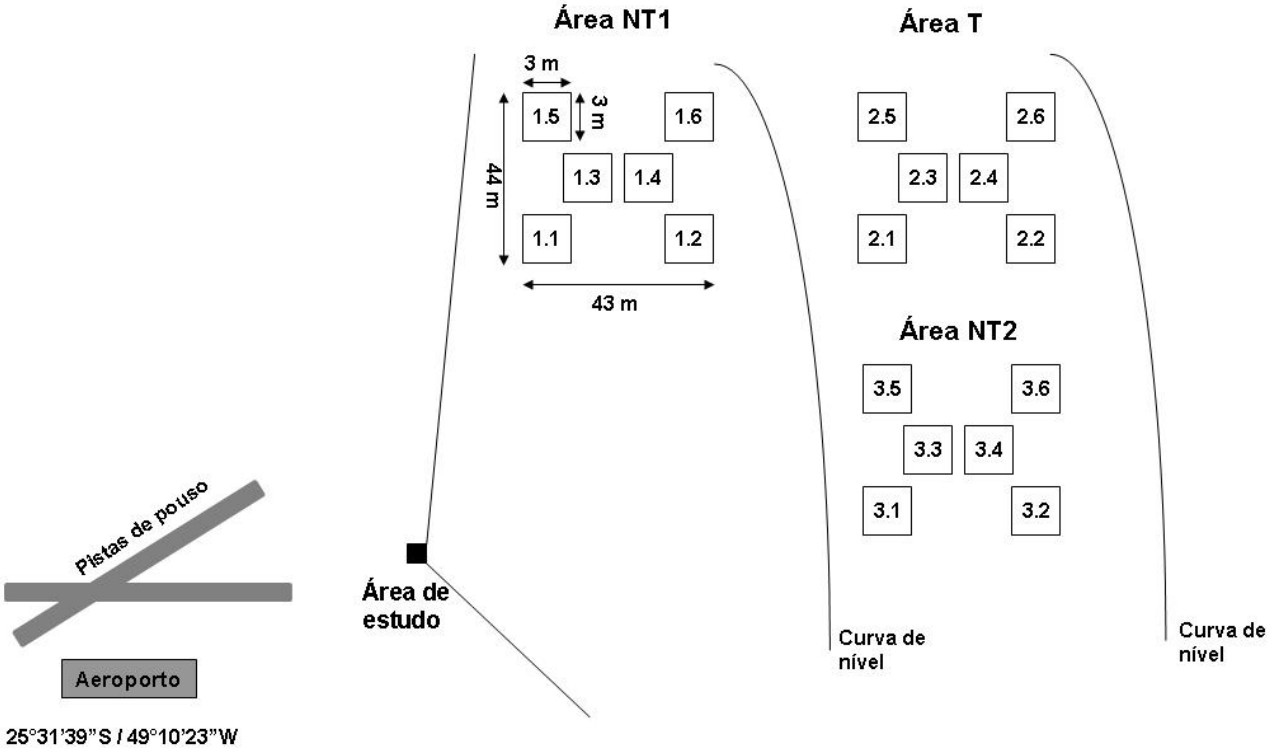


Figura 1 – Esquema da disposição das três unidades experimentais com seis parcelas cada, sendo NT1 e NT2, áreas não tratadas e T, área tratada com biossólido, localizadas no Aeroporto Internacional de Curitiba, PR.

topografia suave ondulada a ondulada, sendo considerada de meia encosta, estando suscetível à ação da erosão e sem a presença de cobertura vegetal, bem como com baixa possibilidade de regeneração natural.

Dando continuidade ao estudo da regeneração natural da área citada, realizou-se levantamento florístico e fitossociológico no período entre junho e outubro de 2006. Para o levantamento florístico empregou-se o método de coleta aleatória em toda a área de estudo, tendo sido coletadas todas as espécies fanerógamas férteis. Após a coleta, o material botânico foi herborizado, de acordo com técnicas usuais (FIDALGO; BONONI, 1989), e determinado quanto à família, gênero e espécie, quando possível, por meio da utilização de bibliografia especializada, chaves analíticas e comparação com material do Museu Botânico Municipal de Curitiba (MBM).

Para o levantamento fitossociológico, foi utilizado o método de parcelas. Além da área submetida anteriormente ao tratamento com biossólido (T), principal enfoque deste trabalho, também foram estudadas outras duas áreas não tratadas com nenhum tipo de fertilizante (NT), localizadas ao lado da área em processo de recuperação. O objetivo deste levantamento na área NT foi investigar a estrutura fitossociológica para compará-la com a estrutura da regeneração natural na área tratada, verificando a efetividade do processo de recuperação (FERREIRA et al., 2010). Uma dessas duas áreas NT está localizada entre curvas de nível, possibilitando uma avaliação da influência somente da curva de nível na regeneração natural (Fig. 1).

No total, foram instaladas seis parcelas de 9 m^2 em cada uma das áreas (54 m^2 estudados para um total de 1.892 m^2 em cada área). As parcelas foram localizadas nas bordas e no centro das áreas para que, na área T, todos os tratamentos com diferentes concentrações de biossólido feitos por Tamanini (2004) fossem inclusos. A primeira área foi alocada antes das curvas de nível (NT1), e a segunda (T) e terceira (NT2) foram instaladas entre as curvas de nível (Fig. 1).

Em cada unidade amostral foram considerados todos os indivíduos presentes, herbáceos, arbustivos, arbóreos e trepadeiras, sendo registrados a altura total, perímetro à altura do peito (PAP) daqueles com altura mínima de 1,5 m e número de indivíduos da mesma espécie.

A partir dos dados obtidos, avaliaram-se os seguintes parâmetros fitossociológicos: densidade e frequência, em valores absolutos e relativos, Índice de Similaridade de Sorensen, Índice de Diversidade de Shannon, Diversidade Máxima e Equitabilidade (MUELLER–DOMBOIS; ELLENBERG, 1974).

Tabela 1a – Lista das espécies coletadas no levantamento florístico, com suas respectivas famílias, nomes vulgares e hábitos – Anacardiaceae até Loganiaceae.

Família/ Espécie	Nome vulgar	Hábito*	N/E**
ANACARDIACEAE			
Schinus terebinthifolius Raddi	aroeira-vermelha	arv	N
APIACEAE			
Centella asiatica (L.) Urb.	dinheiro-em-penca	rast	E
ASCLEPIADACEAE			
Oxypetalum pannosum Decne.	oxipetalo	trep	E
ASTERACEAE			
Acanthospermum australe (Loefl.) Kuntze	amor-de-negro	herb	N
Achyrocline satureoides (Lam.) DC.	alecrim-de-parede	herb	N
Austroeupatorium inulifolium (Kunth) R.M. King & H. Rob.	cambará	arb	N
Baccharidastrum triplinervium (Less.) Cabrera	erva-santana	arb	N
Baccharis caerulescens DC.	baccharis	arb	N
Baccharis dracunculifolia DC.	alecrim-do-campo	arb	N
Baccharis microdonta DC.	baccharis	arb	N
Baccharis semiserrata DC. var. *semiserrata*	baccharis	arb	N
Baccharis spicata (Lam.) Baill.	baccharis	arb	N
Baccharis uncinella DC.	baccharis	arb	N
Baccharis sp. 1	baccharis	arb	-
Baccharis sp. 2	baccharis	arb	-
Baccharis sp. 3	baccharis	arb	-
Campovassouria cruciata (Vell.) R. M. King & H. Rob	campovassoura	arb	N
Chaptalia integerrima (Vell.) Burkart	língua-de-vaca	herb	N
Chromolaena laevigata (Lam.) R.M. King & H. Rob.	cambará-falso	arb	N
Cirsium vulgare (Savi) Ten.	cardo	herb	-
Conyza bonariensis (L.) Cronquist	buva	herb	N
Gnaphalium purpureum L.	macela	herb	N
Hypochoeris brasiliensis var. *albiflora* Kuntze	almeirão-do-cafezal	herb	-
Hypochoeris radicata L.	almeirão-do-campo	herb	E
Mikania micrantha Kunth	micânia	herb	N
Mikania sessilifolia DC.	candurango	subarb	-
Senecio brasiliensis (Spreng.) Less.	maria-mole	herb	N
Senecio oleosus Vellozo	margarida-melosa	herb	-
Solidago chilensis Meyen	arnica	herb	N
Symphyopappus compressus (Gardner) B.L. Rob.	eupatório	arb	-
Vernonanthura tweedieana (Baker) H. Rob.	vernonantura	subarb	N
FABACEAE			
Eriosema crinitum (Kunth) G. Don	mimosa	herb	N
Ulex europaeus L.	tojo	arb	N
HYPERICACEAE			
Hypericum connatum Lam.	orelha-de-gato	herb	N
LAMIACEAE			
Salvia lachnostachys Benth.	sálvia	herb	N
LOGANIACEAE			
Spigelia sp.	spigelia	herb	-

* arb= arbustiva, arv= arbórea, herb= herbácea, rast= rasteira, subarb= subarbustiva e trep= trepadeira; **N/E=nativa ou exótica da formação vegetacional da Floresta Ombrófila Mista Aluvial.

Tabela 1b – Lista das espécies coletadas no levantamento florístico, com suas respectivas famílias, nomes vulgares e hábitos – Mimosaceae até Turneraceae.

Família/ Espécie	Nome vulgar	Hábito*	N/E**
MIMOSACEAE			
Acacia mearnsii De Wild.	acácia	arv	E
Mimosa dolens Vell.	juqueri	subarb	N
Mimosa ramosissima Benth.	juqueri	subarb	N
OXALIDACEAE			
Oxalis sp.	oxalis	herb	-
PINACEAE			
Pinus caribaea Morelet	pinus	arv	E
POACEAE			
Andropogon sp.	andropogon	herb	-
Aristida jubata (Arechav.) Herter	barba-de-bode	herb	N
Axonopus fissifolius (Raddi) Kuhlm.	axonopus	herb	N
Axonopus sp.	axonopus	herb	-
Brachiaria plantaginea (Link) Hitchc.	braquiaria	herb	N
Eragotis sp.	eragrotis	herb	-
Panicum demissum Trin.	panicum	herb	N
Panicum glabripes Döll	panicum	herb	N
Panicum versicolor Döll	panicum	herb	N
Panicum sp.	panicum	herb	-
Paspalum dilatatum Poir.	grama-comprida	herb	N
Paspalum urvillei Steud.	capim-da-rosa	herb	N
Paspalum sp.	paspalum	herb	-
Schizachyrium condensatum (Kunth) Nees	rabo-de-burro	herb	N
POLYGONACEAE			
Rumex obtusifolius L.	língua-de-vaca	herb	N
RHAMNACEAE			
Rhamnus sphaerosperma Sw.	cangica	arb	N
RUBIACEAE			
Borreria sp.	borreria	herb	-
Galium hypocarpium (L.) Endl. ex Griseb.	galium	herb	N
Galium megapotamicum Spreng.	galium	herb	N
SAPINDACEAE			
Allophylus edulis (A. St.- Hil., Cambess. & A. Juss.) Radlk.	vacum	arb/arv	N
SOLANACEAE			
Solanum mauritianum Scop.	cuvitinga	arb	N
TURNERACEAE			
Piriqueta taubatensis (Urb.) Arbo	piriqueta-de-sello	herb	N

* arb= arbustiva, arv= arbórea, herb= herbácea, rast= rasteira, subarb= subarbustiva e trep= trepadeira; **N/E=nativa ou exótica da formação vegetacional da Floresta Ombrófila Mista Aluvial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No levantamento florístico foram registradas 63 espécies pertencentes a 18 famílias, sendo apenas quatro dessas espécies exóticas à formação vegetacional da Floresta Ombrófila Mista Aluvial (Tab. 1a e 1b). Esses números representam o somatório das espécies encontradas nas três áreas estudadas. Dentre as famílias ocorrentes, as mais representativas, em número de espécies, foram Asteraceae (28) e Poaceae (14), as

Tabela 2 – Espécies presentes na área NT1, sem tratamento com biossólido, com seus respectivos parâmetros fitossociológicos.

Família/Espécie	Hábito	ni	h (m)	DA (ind ha^{-1})	DR (%)	P (FA %)	FR (%)
APIACEAE							
Centella asiatica	rast	3	-	556	1,75	3 (50)	8,82
ASTERACEAE							
Baccharis dracunculifolia	arb	8	0,75	1.481	4,68	2 (33)	5,88
Baccharis uncinella	arb	1	0,25	185	0,58	1 (17)	2,94
Baccharis sp. 1	arb	1	0,15	185	0,58	1 (17)	2,94
Baccharis sp. 3	arb	1	0,07	185	0,58	1 (17)	2,94
LAMIACEAE							
Salvia lachnostachys	herb	6	-	1.111	3,51	1 (17)	2,94
LOGANIACEAE							
Spigelia sp.	herb	1	0,38	185	0,58	2 (33)	5,88
POACEAE							
Andropogon sp.	herb	5	-	926	2,92	1 (17)	2,94
Aristida jubata	herb	107	-	19.815	62,57	6 (100)	17,64
Axonopus fissifolius	herb	4	-	741	2,34	1 (17)	2,94
Axonopus sp.	herb	1	-	185	0,58	1 (17)	2,94
Panicum demissum	herb	3	-	556	1,75	2 (33)	5,88
Paspalum sp.	herb	3	-	556	1,75	1 (17)	2,94
Schizachyrium condensatum	herb	12	-	2.222	7,02	2 (33)	5,88
RUBIACEAE							
Borreria sp.	herb	1	0,08	185	0,58	1 (17)	2,94
TURNERACEAE							
Piriqueta taubatensis	herb	2	-	370	1,17	1 (17)	2,94
Indeterminada 1	-	1	0,11	185	0,58	1 (17)	2,94
Indeterminada 2	-	1	0,20	185	0,58	1 (17)	2,94
Indeterminada 3	-	1	0,11	185	0,58	1 (17)	2,94
Indeterminada 5	-	1	0,10	185	0,58	1 (17)	2,94
Indivíduos mortos	-	8	-	1.481	4,68	3 (50)	8,82

ni= número de indivíduos; h= altura média; DA= Densidade Absoluta; DR= Densidade Relativa; P= número de parcelas em que a espécie ocorreu; FA= Frequência Absoluta; FR= Frequência Relativa; - = sem mensuração de altura.

quais representam 66% do número total de espécies levantadas. Em seguida, Mimosaceae (3), Rubiaceae (3) e Fabaceae (2); das demais famílias foram constatadas apenas uma espécie. Os gêneros representados por um maior número de espécies foram *Baccharis* (Asteraceae) com nove espécies, *Panicum* (Poaceae) com quatro espécies e *Paspalum* (Poaceae) com três espécies.

A maior parte das espécies encontradas em todas as áreas é nativa e herbácea, sendo que a área T apresentou uma maior diversidade de hábitos. A área NT1 apresentou 70% de herbáceas, 24% de arbustivas e 6% de rasteiras; a área NT2, 60% de herbáceas e 40% de arbustivas; e a área T, 60% de herbáceas, 29% de arbustivas, 5% de subarbustivas, 3% de arbóreas e 3% de rasteiras. Segundo CONAMA (2010), a maioria das espécies encontradas é indicadora de estádio inicial de regeneração.

Ao considerar as três áreas estudadas (NT1, NT2 e T) foram constatadas, no levantamento fitossociológico, um total de 59 espécies, sendo na área não tratada (NT1) constatadas 20 espécies (oito exclusivas), na área não tratada (NT2) 22 espécies (nove exclusivas) e na área tratada (T) 39 espécies (26 exclusivas). Essas espécies pertencem a 14 famílias, sendo as mais ricas das áreas NT1, NT2 e T, respectivamente, Poaceae (7), Poaceae (9) e Asteraceae (22).

Na área NT1, a Densidade Absoluta foi estimada em 31.667 ind ha^{-1} e a altura média de 0,22 m. Dentre as espécies mais representativas estão *Aristida jubata* e *Centella asiatica* com 17,6% e 8,8% de Frequência Relativa (Tab. 2). Na área NT2 a Densidade Absoluta foi estimada em 41.296 ind ha^{-1} e a altura média de 1,09 m. Nesta área *Aristida jubata* foi a mais frequente, com 16,2%, seguida de *Brachiaria*

Tabela 3 – Espécies presentes na área NT2, sem tratamento e entre as curvas de nível, com seus respectivos parâmetros fitossociológicos.

Espécies	Hábito	ni	h (m)	DA (ind ha^{-1})	DR (%)	P (FA %)	FR (%)
ASTERACEAE							
Achyrocline satureoides	herb	2	0,18	370	0,90	1 (17)	2,70
Baccharis sp. 1	arb	2	0,44	370	0,90	2 (33)	5,40
Baccharis sp. 2	arb	3	1,3	556	1,35	1 (17)	2,70
Baccharis dracunculifolia	arb	6	1,55	1.111	2,69	1 (17)	2,70
Baccharis microdonta	arb	1	0,15	185	0,45	1 (17)	2,70
Baccharis semiserrata	arb	2	1,88	370	0,90	1 (17)	2,70
Hypochoeris radicata	herb	1	-	185	0,45	1 (17)	2,70
Symphyopappus compressus	arb	1	3,5	185	0,45	1 (17)	2,70
FABACEAE							
Ulex europaeus	arb	6	1,53	1.111	2,69	2 (33)	5,40
OXALIDACEAE							
Oxalis sp.	herb	1	-	185	0,45	1 (17)	2,70
POACEAE							
Aristida jubata	herb	87	-	16.111	39,01	6 (100)	16,21
Brachiaria plantaginea	herb	3	-	556	1,35	3 (50)	8,10
Eragotis sp.	herb	1	-	185	0,45	1 (17)	2,70
Panicum sp.	herb	1	-	185	0,45	1 (17)	2,70
Panicum demissum	herb	5	-	926	2,24	2 (33)	5,40
Panicum versicolor	herb	1	-	185	0,45	1 (17)	2,70
Paspalum sp.	herb	1	-	185	0,45	1 (17)	2,70
Paspalum urvillei	herb	4	-	741	1,79	2 (33)	5,40
Schizachyrium condensatum	herb	4	-	741	1,79	1 (17)	2,70
RUBIACEAE							
Borreria sp.	herb	7	0,14	1.296	3,14	1 (17)	2,70
CYPERACEAE	-	1	-	185	0,45	1 (17)	2,70
Indeterminada 3	-	1	0,23	185	0,45	1 (17)	2,70
Indivíduos mortos	-	82	-	15.185	36,77	4 (67)	10,80

ni= número de indivíduos; h= altura média; DA= Densidade Absoluta; DR= Densidade Relativa; P= número de parcelas em que a espécie ocorreu; FA= Frequência Absoluta; FR= Frequência Relativa; - = sem mensuração de altura.

plantaginea, que apresentou uma frequência de 8,1% (Tab. 3).

Mesmo que as curvas de nível tenham sido feitas com o objetivo de evitar a erosão, o escorrimento superficial de água e o lixiviamento de nutrientes (GLEBER et al., 2012; KICHEL et al., 2012; KROEFF; VERDUM, 2011), não constatou-se grande diferença, no que se refere ao número de espécies e Densidade Relativa, entre a área não tratada fora das curvas de nível (NT1) e a área não tratada dentro das curvas de nível (NT2). Quando comparadas essas duas áreas com a área T observou-se um aumento na Densidade Absoluta que foi estimada em 119.630 ind ha^{-1} e maior número de espécies.

A altura média da área T foi semelhante à área NT2, sendo de 1,11 m. *Baccharis dracunculifolia* apresentou uma Frequência Relativa de 8,6%, e *Aristida jubata e Schizachyrium condensatum*, 7,1% cada (Tab. 4a e 4b). A presença de plantas da família Asteraceae é notável, tanto pelo número de espécies como pelo número de indivíduos, sendo muitas delas de hábito arbustivo, o que proporciona a caracterização da fisionomia da vegetação. A Frequência Relativa de indivíduos mortos entre as três áreas foi similar, sendo na área NT1 de 8,8%, na área NT2 de 10,8 e na área T de 8,6%.

Na área T, em que houve a aplicação de biossólido, foi constatado o maior número de espécies, maior altura média e maior Densidade Absoluta (Tab. 4a e 4b). A presença de biossólido ofereceu condições propícias à rápida recuperação da área degradada e disponibilidade de nutrientes. Tamanini (2005) constatou, nessa mesma área, que os teores totais de K no solo foram menores nas áreas tratadas com biossólido, isso porque o solo em estudo tem altos valores de Al^{+3}. Dessa forma, com a aplicação do biossólido elevou-se o

Tabela 4a – Espécies presentes na área T, tratada com biossólido, com seus respectivos parâmetros fitossociológicos – Anacardiaceae até Polygonaceae.

Família/Espécie	Hábito	ni	h	DA (ind ha^{-1})	DR (%)	P (FA %)	FR (%)
ANACARDIACEAE							
Schinus terebinthifolius	arv	1	-	185	0,15	1 (17)	1,43
APIACEAE							
Centella asiatica	herb	1	-	185	0,15	1 (17)	1,43
ASTERACEAE							
Acanthospermum australe	herb	1	-	185	0,15	1 (17)	1,43
Achyrocline satureoides	herb	4	-	741	0,62	3 (50)	4,28
Austroeupatorium inulifolium	herb	2	2,1	370	0,31	2 (33)	2,86
Baccharidastrum triplinervium	arb	1	2	185	0,15	1 (17)	1,43
Baccharis caerulescens	arb	1	1,45	185	0,15	1 (17)	1,43
Baccharis dracunculifolia	arb	55	1,53	10.185	8,51	6 (100)	8,57
Baccharis microdonta	arb	15	1	2.778	2,32	3 (50)	4,28
Baccharis spicata	arb	1	1,79	185	0,15	1 (17)	1,43
Baccharis uncinella	arb	1	1,25	185	0,15	1 (17)	1,43
Campovassouria cruciata	arb	8	2,43	1.481	1,24	2 (33)	2,86
Chaptalia integerrima	herb	7	-	1.296	1,08	2 (33)	2,86
Cirsium vulgare	herb	1	0,23	185	0,15	1 (17)	1,43
Conyza bonariensis	herb	14	0,19	2.593	2,17	2 (33)	2,86
Gnaphalium purpureum	herb	2	0,69	370	0,31	1 (17)	1,43
Hypochoeris brasiliensis	herb	7	-	1.296	1,08	1 (17)	1,43
Hypochoeris radicata	herb	45	-	8.333	6,97	1 (17)	1,43
Mikania micrantha	herb	2	-	370	0,31	1 (17)	1,43
Mikania sessilifolia	subar	4	0,33	741	0,62	1 (17)	1,43
Senecio brasiliensis	herb	1	2,1	185	0,15	1 (17)	1,43
Solidago chilensis	herb	12	0,86	2.222	1,86	1 (17)	1,43
Symphyopappus compressus	arb	4	2,48	741	0,62	1 (17)	1,43
Vernonanthura tweedieana	subar	1	0,34	185	0,15	1 (17)	1,43
FABACEAE							
Eriosema crinitum	herb	2	-	370	0,31	1 (17)	1,43
LAMIACEAE							
Salvia lachnostachys	herb	1	-	185	0,15	1 (17)	1,43
POACEAE							
Aristida jubata	herb	70	-	12.963	10,84	5 (83)	7,14
Axonopus fissifolius	herb	1	-	185	0,15	1 (17)	1,43
Brachiaria plantaginea	herb	2	-	370	0,31	2 (33)	2,86
Panicum demissum	herb	6	-	1.111	0,93	3 (50)	4,28
Panicum glabripes	herb	4	-	741	0,62	1 (17)	1,43
Paspalum dilatatum	herb	2	-	370	0,31	2 (33)	2,86
Paspalum urvillei	herb	6	-	1.111	0,93	1 (17)	1,43
Schizachyrium condensatum	herb	28	-	5.185	4,33	5 (83)	7,14
POLYGONACEAE							
Rumex obtusifolius	herb	1	-	185	0,15	1 (17)	1,43

ni= número de indivíduos; h= altura média; DA= Densidade Absoluta; DR= Densidade Relativa; P= número de parcelas em que a espécie ocorreu; FA= Frequência Absoluta; FR= Frequência Relativa; - = sem mensuração de altura.

pH, e como a capacidade de troca de cátions (CTC) do solo e a dose de biossólido aplicada tem uma relação direta, a elevada CTC proporcionou maior capacidade de reter os cátions K^+ no perfil do solo. Simonete et al. (2003) relataram a ocorrência de baixas concentrações desse elemento em lodo de esgoto, sendo

Tabela 4b – Espécies amostradas na área T, tratada com biossólido, com seus respectivos parâmetros fitossociológicos – Rhamnaceae até Sapindaceae.

Família/Espécie	Hábito	ni	h	DA (ind ha^{-1})	DR (%)	P (FA %)	FR (%)
RHAMNACEAE							
Rhamnus sphaerosperma	arb	1	0,11	185	0,15	1 (17)	1,43
RUBIACEAE							
Galium megapotamicum	herb	1	-	185	0,15	1 (17)	1,43
SAPINDACEAE							
Allophylus edulis	arv	1	0,12	185	0,15	1 (17)	1,43
Indeterminada 4	-	1	0,12	185	0,15	1 (17)	1,43
Indivíduos mortos	-	328	-	60.741	50,77	1 (17)	8,57

ni= número de indivíduos; h= altura média; DA= Densidade Absoluta; DR= Densidade Relativa; P= número de parcelas em que a espécie ocorreu; FA= Frequência Absoluta; FR= Frequência Relativa; - = sem mensuração de altura.

necessária a sua complementação para atender às necessidades das plantas.

Em relação à disponibilidade de P no solo, Tamanini (2005) observou que o tratamento com biossólido proporcionou teor 35,5 vezes maior que o tratamento testemunha; os teores de Ca e Na no tratamento com biossólido foram, respectivamente, 8,3 e 5,5 vezes superiores quando comparados ao tratamento testemunha.

Essas condições favoreceram a colonização de plantas presentes nas áreas de entorno, por exemplo, espécies arbóreas nativas da Floresta Ombrófila Mista Aluvial como *Schinus terebinthifolius* e *Allophylus edulis*. As espécies colonizadoras são pioneiras, dependentes de luz, possuem crescimento rápido e alta dispersão preferencialmente anemocórica e zoocórica, dando início, segundo Valcarcel e Silva (1999), ao processo de sucessão ecológica.

Aliado à melhoria das condições edáficas deve-se considerar também, a existência de fragmentos de vegetação próximos à área, como a presença do Parque Municipal do Iguaçu a, aproximadamente,
5 km da área de estudo. A proximidade de fontes de sementes e a presença de dispersores das mesmas têm sido consideradas essenciais para o processo de regeneração natural de áreas degradadas (ARAÚJO et al., 2005; RODRIGUES et al., 2010; SOARES; ALMEIDA, 2011). Constatou-se que, durante a fase de campo, a fauna local estava bastante presente. A presença de vestígios de animais entremeando as espécies vegetais passou a ser constante, culminando na presença de fezes em alguns locais, embora estes indicadores não tenham sido mensurados. Esse fato não foi observado por Tamanini (2011) no início da fase de recuperação da área.

Asteraceae foi a mais representativa no presente estudo, assim como em outros estudos com vegetação viária (SCHNEIDER; IRGANG, 2005), regeneração natural em área minerada (NAPPO et al., 2006) e regeneração natural em Floresta Ombrófila Mista (CHAMI et al., 2011). O maior número de espécies de *Baccharis* deve-se, provavelmente, às suas características colonizadoras, e ocorrência natural em solos onde houve degradação (GOMES, 2002). *Panicum* e *Paspalum*, dentre outros gêneros da família Poaceae, destacaram-se como os mais representativos em número de espécies, da mesma forma como foi encontrado em estudo no Rio Grande do Sul (CAPORAL; EGGERS, 2005); isso pode ter ocorrido porque o gênero *Panicum* pode atuar como colonizador (GUGLIERI et al., 2007), e o gênero *Paspalum* possui adaptação climática e edáfica (COSTA, 2003).

Quando calculado o Índice de Similaridade Sorensen constatou-se um valor de 0,27 entre as áreas NT1 e T; 0,48 entre as áreas NT1 e NT2; e 0,23 entre as áreas T e NT2. Ficou evidente que as áreas NT1 e NT2 são as mais similares, e nesse caso, pela menor diversidade. O índice de diversidade de Shannon (H') na área NT1 foi 1,58, com diversidade máxima (H_{max}) de 2,99 e equitabilidade de 52,65%; na área NT2 o índice de diversidade (H') foi 1,73, a diversidade máxima (H_{max}) de 3,09 a equitabilidade 56,04%; e na área T o índice de diversidade (H') resultou em 2,68, a diversidade máxima (H_{max}) 3,66 e equitabilidade 73,04%.

Em estudo numa área degradada por mineração que teve o isolamento como intervenção de recuperação, após 20 anos, encontrou-se um índice de diversidade de Shannon (H') de 2,75 (ARAÚJO et al., 2006), enquanto que, no presente estudo, na área T, tratada com biossólido, encontrou-se um índice de diversidade de Shannon (H') de 2,68, em apenas três anos após a aplicação de biossólido e o plantio da espécie forrageira, que não estava mais presente na área.

As três espécies de Poaceae, *Aristida jubata*, *Baccharis dracunculifolia* e *Hypochoeris*

radicata, no entanto, respondem por 52,9% dos indivíduos vivos na área T, semelhante ao estudo de Araújo et al. (2006), em que essas mesmas espécies responderam por 53,7% dos indivíduos vivos. Considerando que estão presentes 36 espécies restantes, pode-se afirmar que a área T detém uma heterogeneidade florística, comprovada pela comparação do número de espécies e a densidade com que elas ocorrem.

Na área T notou-se uma predominância de *Baccharis dracunculifolia*, comparada com as outras áreas, destacando-se na fisionomia da paisagem; isso faz com que haja sombreamento, que é fator limitante na fase juvenil e de estabelecimento de espécies vegetais secundárias (OLIVEIRA; FELFILI, 2005). *Aristida jubata* está entre as mais frequentes nas três áreas, entretanto, não se destaca devido ao seu pequeno porte, mas juntamente com outras Poaceae, é importante para incorporar matéria orgânica, proteger o solo contra processos erosivos, insolação e perda de umidade (NAPPO et al., 2006).

A velocidade da reposição dos nutrientes lixiviados é fator chave para o ajuste da produtividade, nesse sentido a produção e a decomposição de serrapilheira são processos fundamentais à manutenção da ciclagem de nutrientes e ainda define a susceptibilidade dos solos à erosão (ANDREOLI et al., 1999b; CIANCIARUSO et al., 2006). Pode-se observar a formação de uma cobertura no solo na área T, o que contribuiu para a regeneração natural da área, esse aspecto não foi observado nas outras duas áreas. Isso pode ser atribuído ao tratamento com biossólido, que deu início à ciclagem de nutrientes.

Aplicações de biossólido, no presente estudo, determinaram o aumento do teor de matéria orgânica na superfície do solo, o que melhorou a estabilidade da sua estrutura, e resultou em maior resistência à erosão e maior retenção de umidade, assim como em estudo sobre a agregação do solo que recebeu biossólido (MARIA et al., 2007), podendo-se afirmar que quanto mais elevada a dose de biossólido aplicada na área a ser recuperada, maior o acúmulo de C no solo (TAMANINI, 2004).

A matéria orgânica é um dos melhores indicadores da recuperação de um solo degradado (TAMANINI, 2004), assim como a densidade do solo, a porosidade total e a macroporosidade (CAMPOS; ALVES, 2008). Na área experimental a densidade inicial do solo era 1,09 g cm^{-3} e após 13 meses da aplicação do biossólido, o solo estava com uma densidade de 0,95 g cm^{-3} (TAMANINI, 2005).

Doses elevadas de biossólido contribuíram para o aprofundamento e maior quantidade de raízes absorventes e reduziram a densidade do solo de acordo com Vega et al. (2005), ao estudar biossólido e sistema radicular de pupunheira. Esses autores perceberam ainda, que quanto maior a dose de biossólido, mais aumenta a biomassa radicular, que tem uma relação direta com o crescimento da parte aérea da planta. Em estudo realizado por Campos e Alves (2008) e Alves et al. (2010), em que foi feito o uso de biossólido na reestruturação de solo degradado, o resultado obtido revelou maior crescimento vegetal, constatado pelo maior rendimento de matéria seca e verde de braquiária e maior crescimento dos indivíduos de eucalipto, melhoria da densidade do solo, porosidade total e macroporosidade, sendo considerados, pelas autoras, os melhores indicadores da recuperação do solo.

CONCLUSÕES

A recuperação de áreas degradadas é necessária, bem como o seu monitoramento em longo prazo com o objetivo de acompanhar o crescimento das espécies nativas e verificar o restabelecimento do ecossistema alterado. A partir dos resultados obtidos conclui-se que a cobertura de biossólido pode ter favorecido o estabelecimento e desenvolvimento de indivíduos na área anteriormente degradada, indicando que a adoção dessa prática na recuperação de áreas degradadas pode acelerar o processo de desenvolvimento das espécies vegetais.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem à Universidade Positivo, pelo apoio e infraestrutura; ao Aeroporto Internacional de Curitiba "Afonso Pena", pela disponibilização da área; ao Museu Botânico Municipal de Curitiba pelo auxílio na identificação das espécies e ao CNPq pela concessão da bolsa de produtividade em pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, M.C.; WHALEN, J.K.; RODRIGUES, R.A.F.; MARCHINI, D.C. Aggregation and morphological properties of a degraded Oxisol receiving organic amendments. **In**: 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World, 2010, Brisbane, Austrália, Proceedings do 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World, 1–6 de agosto, 2010.

ANDREOLI, C.V.; FERNANDES, F.; DOMASZAK, S.C. **Reciclagem agrícola do lodo de esgoto: estudo preliminar para definição de critérios para uso agronômico e de parâmetros para normatização ambiental e sanitária**. 2. ed. Curitiba: SANEPAR. 1999a.

ANDREOLI, C.V.; LARA, A.I.; FERNANDES, F. **Reciclagem de biossólidos: transformando problemas em soluções**. Curitiba: SANEPAR; FINEP. 1999b.

ANDREOLI, C.V.; SPERLING, M.V.; FERNANDES, F. **Lodo de esgoto: tratamento e disposição final, Série princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. v. 6. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA – UFMD/SANEPAR. 2001.

ARAÚJO, F.S.; MARTINS, S.V.; MEIRA NETO, J.A.A.; LANI, J.L.; PIRES, I.E. Florística da vegetação arbustivo-arbórea colonizadora de uma área degradada por mineração de caulim, em Brás Pires, MG. **Revista Árvore**, v.29, n.6, p.983-992. 2005.

ARAÚJO, F.S.; MARTINS, S.V.; MEIRA NETO, J.A.A.; LANI, J.L.; PIRES, I.E. Estrutura da vegetação arbustivo-arbórea colonizadora de uma área degradada por mineração de caulim, Brás Pires, MG. **Revista Árvore**, v.30, n.1, p.107-116. 2006.

CAMPOS, F. S.; ALVES, M. S. Uso de lodo de esgoto na reestruturação de solo degradado. **Revista Barsileira de Ciências do Solo,** v. 32, p. 1389-1397. 2008.

CAPORAL, F.J.M.; EGGERS, L. Poaceae na área do Centro de Pesquisas e Conservação da Natureza Pró-Mata, São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia, Série Botânica**, v.60, n.2, p.141-150. 2005.

CHAMI, L.B.; ARAÚJO, M.M.; LONGUI, S.L.; KIELSE, P.; LÚCIO, A.D. Mecanismos de regeneração natural em diferentes ambientes de remanescente de Floresta Ombrófila Mista, São Francisco de Paula, RS. **Ciência Rural**, v.40, n.2, p.251-259. 2011.

CHUEH, A.M.; SANTOS, L.J.C. Análise do potencial de degradação ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Pequeno em São José dos Pinhais/PR, por meio do DFC. Diagnóstico Físico Conservacionista. **RA'E GA**, n.10, p.61-71. 2005.

CIANCIARUSO, M.V.; PIRES, J.S.; DELITTI, W.B.C.; SILVA, E.F.L.P. Produção de serrapilheira e decomposição do material foliar em um cerradão na Estação Ecológica de Jataí, município de Luiz Antônio, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v.20, n.1, p.49-59. 2006.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. 2010. **Resolução nº 423**, de 12 de abril. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, 13 abr. 2010, p. 55-57. Disponível em: http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=628. Acesso em: 22 jun. 2012.

CONTI, J.B. **A desertificação como forma de degradação ambiental no Brasil**. Patrimônio Ambiental Brasileiro. São Paulo: Edusp. 2003.

COSTA, D.I.; SCHEFFER-BASSO, S.M.; FAVERO, D.; FONTANELI, R.S. 2003. Caracterização morfofisiológica e agronômica de *Paspalum dilatatum* Poir. Biótipo Virasoro e *Festuca arundinacea* Schreb. 2. Disponibilidade de Forragem e Valor Nutritivo. **Revista Brasileira de Zootecnia** v. 32, n. 5, p. 1061-1067. 2003.

FARIA, S.M.; CHADA, S.S. **Interação microrganismos e plantas na recuperação de áreas degradadas**. Disponível em: http://www.rc.unesp.br/xivsbsp/Mesa03MSMF.pdf. Acesso em: 14 mar. 2011.

FERREIRA, W.C.; BOTELHO, S.A., DAVIDE, A.C.; FARIA, J.M.P.; FERREIRA, D.F. Regeneração natural como indicador de recuperação de área degradada a jusante da Usina Hidrelétrica de Camargos, MG. **Revista Árvore**, v.34, n.4, p.651-660. 2010.

FIDALGO, O.; BONONI, V.L.R. **Técnicas de coleta, preservação e herborização de material botânico**. São Paulo. Instituto de Botânica/Governo do Estado de São Paulo/ Secretaria do Meio Ambiente. 1989.

GLEBER, L.; BERTOL, I.; RAMOS, R.R.; LOUZADA, J.A S.; MIQUELLUTI, D.J. Fósforo reativo: Arraste superficial sob chuvas simuladas para diferentes coberturas vegetais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.1, p.99-107. 2012.

GOMES, V.; FERNANDES, G.W. Germinação de aquênios de *Baccharis dracunculifolia* D.C. (Asteraceae). **Acta Botanica Brasilica**, v.16, n.4, p.421-427. 2002.

GUGLIERI, A.; LONGHI-WAGNER, H.M.; ZULOAGA, F.O. *Panicum* sect. *Dichotomiflora* (Hitchc. & Chase) Honda e *P.* sect. *Virgata* Hitchc. & Chase *ex* Pilg. (Poaceae: Panicoideae: Paniceae) no Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v.21, n.4, p.785-805. 2007.

KICHEL, A.N.; MIRANDA, C.H.B.; ZIMMER, A.H. Degradação de pastagens e produção de bovinos de corte com a integração agricultura x pecuária. **In**: I Simpósio de Produção de Gado de Corte. Disponível em: http://simcorte.com/index/Palestras/p_simcorte/10_zimmer.pdf. Acesso em: 17 jun. 2012.

KROEFF, L.L.; VERDUM, R. Identificação de áreas potenciais ao mapeamento de trilhas ecoturísticas na propriedade do Ecoparque, em Canela/RS. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 2, n.3, p.131-136. 2011.

LEAL FILHO, N.; LEME, R.F.; RODRIGUES, D.S.; BARROS, E.; COUTO, L. B.; GRIBEL, R. **Efeito da cobertura de matéria orgânica sobre o estabelecimento e desenvolvimento de espécies originadas do banco de sementes**

em áreas em recuperação na Floresta Amazônica Brasileira. Disponível em: http://www.cemac-ufla.com.br/trabalhospdf/trabalhos%20voluntarios/Protoc%20174.pdf. Acesso em: 07 mar. 2006.

LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop production. **Advances in Soil Science**, v.1, p.277-294. 1985.

MARIA, I.C.; KOCSSI, M.A.; DECHEN, S.C.F. Solos e nutrição de plantas - Agregação do solo em área que recebeu lodo de esgoto. **Bragantia**, v.66, n.2, p.291-298. 2007.

MCT. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Programa piloto para proteção das florestas tropicais do Brasil**. Disponível em: http://www.mataatlantica.org.br. Acesso em: 14 mar. 2005.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Willey & Sons. 1974.

NAPPO, M.E.; GOMES, L.J.; CHAVES, M.M.F. **Reflorestamentos mistos com essências nativas para recomposição de matas ciliares**. Disponível em: http://www.editora.ufla.br/BolTecnico/pdf/bol_30.pdf. Acesso em: 07 mar. 2006.

NASCIMENTO, J.T.; SILVA, I.F.; SANTIAGO, R.D.; SILVA NETO, L.F. Efeito de leguminosas nas características químicas e matéria orgânica de um solo degradado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.3, p.457-462. 2003.

OLIVEIRA, E.C.L.; FELFILI, J.M. Estrutura e dinâmica da regeneração natural de uma mata de galeria no Distrito Federal, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v.19, n.4, p.801-811. 2005.

RODRIGUES, E.R.; MONTEIRO, R.; CULLEN JUNIOR, L. Dinâmica inicial da composição florística de uma área restaurada na região do Pontal do Paranapanema, São Paulo, Brasil. **Revista árvore**, v.34, n.5, p.853-861. 2010.

SCHNEIDER, A.A.; IRGANG, B.E. Florística e fitossociologia de vegetação viária no município de Não-Me-Toque, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia, Série Botânica**, v.60, n.1, p.49-62. 2005.

SILVÉRIO, L. Uso agrícola do lodo de esgoto, da matéria orgânica do lixo urbano e resíduos industriais. **O Agrônomo**, v.56, n.1, 2004.

SIMONETE, M.A.; KIEHL, J.C.; ANDRADE, C.A.; TEIXEIRA, C.F.A. Efeito do lodo de esgoto em um Argissolo e no crescimento e nutrição de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.1187-1195, 2003.

SOARES, R.Z.L.; ALMEIDA, V.P. Banco de sementes da Floresta Estacional às margens do Reservatório de Itupararanga, Votorantim-SP. **Revista Eletrônica de Biologia**, v.4, n.2, p.53-72. 2011.

TAMANINI, C.R. **Recuperação de áreas degradadas com a utilização de biossólido e gramínea forrageira**. 2004. 196f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2004. Disponível em: http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/handle/1884/1568/dissertacao %20 cristina%20completa.pdf?sequence=1. Acesso em: 16 set. 2011.

TAMANINI, C.R.; ANDREOLI, V.C.; MOTTA, A.C.V.; DOETZER, B.H.; PEGORINI, E.S. Estudo da utilização de altas doses de biossólido na recuperação de área decapada em São José dos Pinhais. **In**: 23° Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005, Campo Grande. Anais do 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro: ABES, 2005.

TORMENA, A.C.; BARBOSA, M.C.; COSTA, A.C.S.; GONÇALVES, A.C.A. Densidade, porosidade e resistência à penetração em latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Scientia Agrícola**, v.59, n.4, p.795-801. 2002.

VALCARCEL, R.; SILVA, Z.S. A eficiência conservacionista de medidas de recuperação de áreas degradadas: proposta metodológica. **Floresta**, v.27, n.1/2, p.101-114. 1999.

VEGA, F.V.A.; BOVI, M.L.A.; GODOY JÚNIOR, G.; BERTON, R.S. Lodo de esgoto e sistema radicular da pupunheira. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.29, p.259-268. 2005.

Recebido em: set/2011
Aprovado em: jun/2012

Auditoria ambiental compulsória: diretrizes para a realização de auditoria de segurança ocupacional no contexto da gestão ambiental

Compulsory environmental audit: guidelines for conducting occupational safety audit in the context of environmental management

RESUMO

Neste trabalho buscou-se estabelecer um procedimento a ser utilizado por parte dos auditores que realizam Auditoria Ambiental Compulsória, para que realizem também auditoria de Segurança Ocupacional dentro do contexto da gestão ambiental. Para se alcançar este objetivo, listas de verificação pautadas nas Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho foram elaboradas, além da adoção de indicadores de sustentabilidade. Esta ferramenta permite fornecer aos auditores, instrumentos práticos para a realização do procedimento de Auditoria Ambiental Compulsória, principalmente para aqueles que não possuem familiaridade com as legislações correlatas, pois podem utilizar esta ferramenta como um auxílio na avaliação das atividades que causam perigos e danos ao trabalhador, considerando as atividades potencialmente poluidoras realizadas nos empreendimentos. O método utilizado neste trabalho consistiu na elaboração de listas de verificação que foram utilizadas como referência no procedimento de uma Auditoria Ambiental Compulsória. Para exemplificar a aplicação de tal método, utilizou-se como estudo de caso uma indústria metalúrgica, situada na região metropolitana de Curitiba – PR, cuja atividade principal é a fabricação e usinagem de peças de alumínio.

PALAVRAS-CHAVE: Auditoria Ambiental Compulsória. Auditoria de Segurança Ocupacional. Indicadores de Sustentabilidade.

Jean Carlos Padilha
Engenheiro de Segurança do Trabalho da empresa Impacto Zero
Curitiba, PR, Brasil
jean@impactozero.com.br

Celimar Azambuja Teixeira
Doutora em Engenharia Hidráulica e Sanitária, Professora Adjunta da Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Curitiba, PR, Brasil
celimar@utfpr.edu.br

André Nagalli
Doutor em Geologia, Professor Adjunto da Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Curitiba, PR, Brasil
nagalli@utfpr.edu.br

ABSTRACT

This study aimed to establish a procedure to be used by auditors responsible by performing Compulsory Environmental Auditions, in order to also undertake auditions on Occupational Safety within the context of environmental management. In order to achieve this goal, checklists, based on Regulatory Standards of Brazilian Ministry of Labor and on sustainability indicators, were developed. Those checklists provide practical tools for auditors to perform the Compulsory Environmental Audit procedure, mainly for those that are not very familiar with the related law. Such auditors can use this tool as a reference in the evaluation of activities that may be danger and cause injures to workers, considering the potentially polluting activities undertaken in the projects. The methodology used in this study consisted on developing checklists that were used during the procedure of a Compulsory Environmental Audit. To illustrate the application of such methodology, a case study of an audit on a metallurgical industry in the metropolitan region of Curitiba – PR was used. The main activity of this industry is manufacture and machining aluminum pieces.

KEYWORDS: Compulsory Environmental Audit. Audit of Occupational Safety. Sustainability Indicators.

INTRODUÇÃO

À medida que aumentam as preocupações com a manutenção e a melhoria da qualidade do meio ambiente e com a proteção da saúde humana, organizações de diversos setores (público, privado e terceiro setor) estão crescentemente voltando suas atenções para os impactos ambientais negativos de atividades consideradas potencialmente poluidoras e/ou utilizadoras dos recursos ambientais, bem como para os reflexos originados por esses impactos na saúde das pessoas.

Essas preocupações demonstram não só uma sociedade interessada com a temática ambiental, mas também uma legislação cada vez mais exigente, tal como apresenta o artigo 225 da Constituição Federal, que trata do Meio Ambiente e a Lei Federal n° 9.605/1998, que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades danosas ao meio ambiente.

A abordagem sobre sustentabilidade passa por extrapolar a política dentro dos limites territoriais dos países, passa pela busca e concretização de uma governança global, como um caminho para se alcançar os objetivos do desenvolvimento econômico, social e ambiental.

Várias conferências foram realizadas ao longo dos anos, mais recentemente a Rio +20, em que vários líderes mundiais e diversos representantes da sociedade civil se reuniram em Junho de 2012 na cidade do Rio de Janeiro para discutir o futuro do planeta. A questão é muito complexa, pois apesar de tantas discussões, pouco ficou acordado.

No atual cenário brasileiro, ao mesmo tempo em que existe uma legislação exigente nas áreas ambiental e trabalhista, tem-se também escassez de recursos públicos para gerenciar o cumprimento do arcabouço legal sobre as questões ambientais. Além da necessidade do desenvolvimento pautado na sustentabilidade, que carece da conciliação entre as questões econômicas e a conservação do meio ambiente.

Conhecer as atividades de elevado potencial poluidor do meio ambiente e direcionar prioritariamente as ações de controle ambiental e de segurança ocupacional para estas atividades consistem em três ganhos para a sociedade: os recursos ambientais estarão sendo protegidos, a saúde do trabalhador poderá ser mantida, ao mesmo tempo em que o poder público pode estabelecer políticas visando simplificar as exigências ambientais para o funcionamento das demais atividades econômicas, conciliando desta forma, desenvolvimento econômico com a conservação do meio ambiente.

Tornam-se indispensáveis, portanto, procedimentos e critérios que permitam identificar o nível de degradação do meio ambiente, bem como os riscos de segurança ocupacional dos ambientes de trabalho de toda e qualquer atividade ou serviço, de modo que se possa traçar um plano de ação com prioridades baseadas nestes níveis.

A gestão ambiental adequada deve estar orientada para o uso racional dos recursos ambientais, considerando a maximização dos recursos econômicos disponíveis para esta gestão, sem esquecer que o homem também faz parte de todo este contexto.

Levando-se em conta a escassez dos recursos financeiros e de pessoal do setor público e no caso do Estado do Paraná a Lei Estadual 13.448/2002, que dispõe sobre Auditoria Ambiental Compulsória e de seu regulamento, é fundamental que estes escassos recursos sejam direcionados prioritariamente para a realização de auditorias nas atividades que mais ofereçam riscos aos recursos ambientais que se pretendem proteger, bem como a segurança do trabalhador que possa estar comprometida.

Embora, tenha-se aplicado a metodologia deste trabalho para o Estado do Paraná, tendo por base a legislação anteriormente citada, este trabalho poderá ser reproduzido em outras regiões, observando as legislações regionais e as características ambientais específicas de cada bioma.

Buscou-se, com o presente trabalho, estabelecer um padrão, que possa ser utilizado por parte dos auditores, para que realizem auditoria de Segurança Ocupacional, dentro do contexto da Auditoria Ambiental Compulsória, buscando com isso, padronizar o formato de apresentação destas informações, bem como fornecer também aos órgãos ambientais uma ferramenta de avaliação padrão para os relatórios apresentados, independente do tipo de empreendimento auditado.

Não existe definição universalmente aceita de auditoria ambiental. A atividade, portanto, significa coisas diferentes para pessoas diferentes, existindo considerável confusão acerca do seu relacionamento com tópicos como avaliação ambiental, avaliação de impacto ambiental, análise ambiental, análise do ciclo de vida e rotulagem ambiental (JONES, 1997).

Para Sales (2001), a Auditoria Ambiental pode ser genericamente definida como o procedimento sistemático através do qual uma organização avalia suas práticas e operações que oferecem riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para averiguar sua adequação a critérios preestabelecidos (usualmente requisitos legais, normas técnicas e/ou políticas, práticas e procedimentos desenvolvidos ou adotados pela própria empresa ou pela indústria a qual pertence).

Segundo Grizzi (2004), as auditorias ambientais são verdadeiros instrumentos de controle ambiental, consubstanciam-se em um processo

que tem por fim verificar a atividade econômica desenvolvida, frente aos critérios e escopos eleitos para a realização da auditoria, ocasional ou periodicamente. A auditoria ambiental mostra a "fotografia" da empresa, ao verificar, por exemplo, em uma auditoria jurídica de responsabilidade e de conformidade legal, o cumprimento das normas ambientais e a responsabilidade de cada parte envolvida.

De acordo com La Rovere (2001), o objetivo da auditoria ambiental se dá através de sua classificação. Dentre as categorias mais aplicadas destacam-se: auditoria de desempenho ambiental, auditoria de Sistema de Gestão Ambiental, auditoria de certificação, auditoria de descomissionamento (*descommissioning*), auditoria de responsabilidade (*due dilligence*), auditoria pontual e, auditoria de conformidade legal (*compliance*).

A auditoria ambiental tem sido considerada em muitos países como uma atividade eminentemente voluntária, como por exemplo, nos Estados Unidos, no Canadá e nos países da Comunidade Europeia. Seguindo o oposto da tendência mundial, no Brasil cresce o número de iniciativas legislativas que objetivam tornar a auditoria ambiental obrigatória para alguns setores industriais e empresariais, os quais desenvolvem atividades potencialmente poluidoras e que acarretam riscos ao meio ambiente; a chamada auditoria ambiental compulsória. (MALUCELLI, 2004).

A auditoria ambiental compulsória é uma atividade de política ambiental e enquadra-se na categoria de auditoria pública utilizada como instrumento de ações de controle pelo poder público, enquanto as demais integram o sistema de gestão ambiental. Uma de suas principais características é a imposição da sua execução, independente da vontade da unidade auditada.

No Brasil havia dois projetos de Lei em trâmite no Congresso Nacional que visavam estabelecer a obrigatoriedade da auditoria ambiental para diversos setores industriais, mas no ano de 1999 foram arquivados. Entretanto, desde 2003 está em tramitação no Congresso Nacional o Projeto de Lei nº 1254/03, do deputado César Medeiros (PT-MG), que dispõe sobre as auditorias ambientais e a contabilidade dos passivos e ativos ambientais. O projeto é uma emenda à Lei 6938/81, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, e tem como escopo estipular o conceito de auditoria ambiental, assim como definir ativos e passivos ambientais e colocar a auditoria como um dos instrumentos da política nacional do meio ambiente. Estabelece ainda a obrigatoriedade de empresas ou entidades quanto à realização de auditorias ambientais para avaliar o cumprimento de suas obrigações relativas à gestão ambiental segura (PADILHA, 2004).

Apesar dos impasses relacionados à compulsoriedade da auditoria ambiental, em virtude da resolução do CONAMA 265/2000, as empresas com atividades na área de petróleo e derivados são obrigadas a realizar a auditoria ambiental, isto devido aos graves acidentes que já ocorreram no exercício dessas atividades.

Alguns Estados brasileiros optaram por criar leis no sentido de tornar a auditoria ambiental obrigatória para alguns setores industriais. Na Tabela 1 é apresentada, em resumo, uma análise das principais legislações acerca da Auditoria Ambiental Compulsória existente atualmente no Brasil.

Embora cada Estado apresente suas leis e decretos específicos, os objetivos para a realização de uma Auditoria Ambiental Compulsória são basicamente os mesmos, ou seja, promover o desenvolvimento econômico associado à preservação e recuperação das condições ambientais.

As ferramentas para se buscar o desenvolvimento sustentável devem almejar a questão financeira, seja através de multas e penalidades para aqueles que poluem e degradam o meio ambiente, ou através de benefícios ou incentivos fiscais para aqueles que preservam o ecossistema diretamente impactado. Diante disso, a Auditoria Ambiental Compulsória é um importante instrumento para se buscar a sustentabilidade.

Embora alguns Estados apresentem suas leis específicas sobre Auditoria Ambiental Compulsória (AAC), como demonstrado na Tabela 1, a seguir será relatado brevemente o Processo de Regulamentação da Lei de AAC no Estado do Paraná.

No ano de 2.002 foi aprovada a Lei de Auditoria Ambiental Compulsória, Lei Estadual nº 13.448, cujo projeto de lei foi de autoria do então deputado estadual Orlando Pessuti. Para a sua aplicação esta lei necessitava de regulamentação, em especial para os seguintes artigos:

Artigo 1º - Estabelece quais itens devem ser verificados na AAC – objeto da auditoria.

Artigos 2º e 3º - Tratam do custeio da AAC, equipe de auditoria, responsabilidade técnica e dos critérios para auditores – Qualificação dos auditores.

Artigo 4º - Pessoas jurídicas públicas ou privadas que desenvolvam atividade de elevado potencial poluidor ou degradador do meio ambiente são obrigadas a realizar AAC em intervalos máximos de quatro anos. O Anexo I da referida Lei apresenta uma listagem exemplificativa com 21 tipologias industriais – pessoas jurídicas, públicas ou privadas passíveis de realizar auditoria no Estado do Paraná.

Artigo 6º - Apresenta diretrizes para a realização da AAC – definição de itens que devem ser auditados.

TABELA 1 – Análise Comparativa das Legislações Brasileiras sobre Auditoria Compulsória

ESTADO	*FREQÜÊNCIA*	*CRITÉRIOS*	*PUBLICIDADE DO RELATÓRIO*	PENALIDADES
RJ	1 ano ou ocasionalmente	Interna e Externa	Disponível à consulta pública	Notificação e multa
MG	3 anos ou ocasionalmente	Externa	Disponível à consulta pública (preservado o sigilo industrial)	Critério do órgão ambiental
CE	1 ano ou ocasionalmente	Interna e Externa	Disponível à consulta pública	Critério do órgão ambiental (medidas cabíveis)
ES	3 anos ou ocasionalmente	Não prevê	Artigo vetado	Não prevê
MT	2 anos ou ocasionalmente	Interna e Externa	Disponível à consulta pública	Critério do órgão ambiental
SC	2 anos ou ocasionalmente	Interna e/ou Externa	Disponível à consulta pública	Multa diária, embargo da atividade ou cassação da Licença de Operação
PR	4 anos ou ocasionalmente	Externa	Disponível à consulta pública (preservado o sigilo industrial)	Critério do órgão ambiental

Artigo 7º - Trata da consulta pública obrigatória, preservando o sigilo industrial – regras para a consulta pública e sigilo industrial.

Artigo 8º - Trata do Plano de correção das não conformidades – regras para o tratamento das não conformidades.

Com a aprovação da lei, o poder executivo, através do Instituto Ambiental do Paraná – IAP elaborou um projeto de regulamentação, o qual no decorrer do ano de 2003 passou a ser discutido em diferentes fóruns da sociedade.

No segundo semestre de 2003, a Secretaria de Meio Ambiente do Estado – SEMA, criou uma Câmara Técnica com a finalidade de elaborar uma proposta de regulamento para a Lei de Auditoria Ambiental Compulsória - AAC, a qual deveria substituir o projeto de regulamentação existente. Participaram desta Câmara Técnica, além de representantes dos órgãos ambientais competentes (SEMA, IAP e SUDERHSA), representantes da FIEP (Federação das Indústrias do Estado do Paraná), FAEP (Federação da Agricultura do Estado do Paraná) e CREA-PR. No final do ano de 2003 o Governo do Estado, através da Procuradoria Geral do Estado – PGE, regulamentou a lei de auditoria, através do Decreto nº 2076/2003, sem levar em consideração a proposta formulada pela Câmara Técnica – SEMA.

O Decreto nº 2076/2003 que regulamentou a lei de AAC, com o tema "atividade de elevado potencial poluidor ou degradador do meio ambiente" foi tratado em seu artigo quinto. Este decreto também apresenta uma listagem exemplificativa, em seu Anexo I.

Para o tema "atividade de elevado potencial poluidor ou degradador do meio ambiente", as principais propostas levantadas nos fóruns de debate foram às seguintes:

A subcomissão de legislação ambiental do Conselho Temático de Meio ambiente da FIEP, propôs:

As atividades de "elevado potencial poluidor ou degradador do meio ambiente devem ser identificadas através de uma matriz de enquadramento envolvendo porte, histórico, emissão atmosférica, efluente líquido, resíduos sólidos e localização. Também foram estabelecidos critérios para a periodicidade de realização da Auditoria Ambiental Compulsória".

O departamento jurídico da FIEP, através de parecer, indicou com base no artigo terceiro do Decreto nº 2.076/2003, que o IAP poderia estabelecer quais atividades que deveriam realizar a auditoria ambiental compulsória.

No workshop realizado pelo CREA-PR, em 2004, foi proposta a criação de um parágrafo único para o artigo 8º do projeto de regulamento (elaborado pelo IAP), com a seguinte redação:

Parágrafo único: "caberá ao IAP num prazo de 180 dias definir os empreendimentos prioritários para as exigências de auditorias ambientais compulsórias, segundo critérios a serem estabelecidos, conforme o potencial poluidor, o porte do empreendimento e a fragilidade ambiental de sua área de influência".

Segundo NETO (2004), os aspectos jurídicos do tema sobre direito de não se levantar prova contra si mesmo contrapõem-se a exigência da apresentação do relatório de não-conformidades, definido pela Lei nº 13.448/2002, do qual se destaca o que segue:

"A exigência da apresentação das não conformidades aparece como algo inconsistente, pois este dever de apresentar prova contra si mesmo é totalmente questionável e inconstitucional. Discute-se não só o direito de não produzir prova contra si mesmo, mas também o direito ao silêncio e à questão da ilegalidade das provas advindas do não respeito ao presente princípio fundamental do direito. É uma importante dimensão na área da Ciência do Direito na medida em que se assegura o direito básico de não se auto-incriminar".

Este princípio ocupa relevante lugar ao discutir-se a legalidade das provas que dependem da cooperação do suposto autor de determinado delito. O direito ao silêncio, enumerado na constituição federal, como direito de não se auto-incriminar, abrange o direito a recusa em colaboração na produção de provas que possam importar em incriminação, como inconstitucionalmente determina a Lei nº 13.448.

Salienta-se que mesmo no caso discutido, ou seja, o de auditoria ambiental, onde a natureza da colaboração é comunicativa, não há como afastar a incidência do *nemo tenetur se detegere*, cuja tradução literal é: ninguém é obrigado a se descobrir.

As decorrências imediatas são o direito ao silêncio, a inexistência do dever de dizer a verdade, e o direito máximo da não obrigação da participação ativa do empresário.

Com relação à disciplina vigente, observa-se que, no direito brasileiro, como já mencionado, o Supremo Tribunal Federal, reconhece a incidência do *nemo tenetur se detegere* e vem decidindo pela impossibilidade de se compelir alguém a participar ativamente na produção de provas que possam incriminá-lo.

O Estado do Paraná, através da Lei n° 13.448/2002 e do Decreto n° 2.076/2003, instituiu a modalidade de Auditorias Ambientais Compulsórias, com periodicidade máxima de quatro anos, para os empreendimentos considerados potencialmente poluidores, sendo necessária a apresentação do Relatório de Auditoria apresentado ao IAP (Instituto Ambiental do Paraná) para fins de renovação da Licença Ambiental de Operação do empreendimento.

O Relatório de Auditoria deve apresentar aspectos técnicos, aspectos de desempenho, aspectos de gestão e inspeções técnicas a serem realizadas no empreendimento, focando os aspectos ambientais e de saúde e segurança ocupacional, cujas atividades possam causar impactos ambientais significativos.

A apresentação dos resultados das Auditorias deve seguir os itens estabelecidos no anexo II do Decreto 2.076/2003, sendo que em caso de não apresentação conforme o estabelecido, o Relatório de Auditoria pode ser indeferido por parte do Órgão Ambiental. O indeferimento do relatório pode acarretar em sanções ao auditor e/ou ao empreendimento auditado.

Conforme Portaria IAP n° 145 (2005), o IAP dará publicidade para aqueles Relatórios de Auditoria Ambiental indeferidos, indicando o nome da empresa, CNPJ/MF e o auditor responsável.

Em caso de indeferimento, o IAP não divulga a causa da reprovação, sendo que esta informação somente é apresentada aos responsáveis do empreendimento auditado para fins de complementação da auditoria ou do relatório, conforme critério estabelecido pelos técnicos do IAP.

MATERIAIS E MÉTODO

Neste trabalho foram realizados levantamentos bibliográficos através de pesquisas realizadas nas legislações, normas técnicas, livros, artigos técnicos, dissertações de mestrado, informações coletadas em materiais de internet, bem como junto aos órgãos ambientais do Estado do Paraná, em especial o Instituto Ambiental do Paraná - IAP.

As informações obtidas deram origem às listas de verificação a serem utilizadas como referência no procedimento de Auditoria Ambiental Compulsória. As listas propostas são pautadas exclusivamente nas Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho, oriundas a partir da Lei Federal 6.514, de 22 de dezembro de 1977.

Foram identificadas as principais Normas Regulamentadoras que poderiam ser utilizadas nos procedimentos de auditorias ambientais compulsórias, tendo por base as atividades dependentes deste procedimento conforme estabelecido na Lei e no Decreto paranaense, bem como a listagem da Tabela 2 do presente documento. Tendo em vista que estas atividades possuem grande expressividade no setor produtivo, além dos critérios de utilização de normas que poderiam ser utilizadas em quaisquer atividades por possuírem características gerais de aplicabilidade.

As Normas Regulamentadoras selecionadas para o presente trabalho foram:

NR 01 – Disposições Gerais;

NR 02 – Inspeção Prévia;

NR 04 – Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho;

NR 05 – Comissão Interna de Prevenção de Acidentes – CIPA;

TABELA 2 – Estrutura da Lista de Verificação proposta

TÍTULO DA NR AVALIADA						
Nº	**Item Auditado**	**Evidência**	**Sim**	**Não**	**N/A**	**I/II/III**
1						
2						
3						

NR 06 – Equipamentos de Proteção Individual;
NR 07 – Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional;
NR 08 – Edificações;
NR 09 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais;
NR 10 – Instalações e Serviços de Eletricidade;
NR 11 – Transporte, Movimentação, Armazenagem e Manuseio de Materiais;
NR 12 – Máquinas e Equipamentos;
NR 13 – Caldeiras e Vasos de Pressão;
NR 14 – Fornos;
NR 15 – Insalubridade;
NR 16 – Atividades e Operações Perigosas;
NR 17 – Ergonomia;
NR 18 – Indústria da Construção;
NR 19 – Explosivos;
NR 20 – Líquidos e Combustíveis Inflamáveis;
NR 21 – Trabalho a Céu Aberto;
NR 22 – Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração;
NR 23 – Proteção Contra Incêndios;
NR 24 – Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho;
NR 25 – Resíduos Industriais;
NR 26 – Sinalização de Segurança;
NR 32 – Segurança e Saúde no Trabalho em Serviços de Saúde;
NR 33 – Espaços Confinados.

As Normas Regulamentadoras foram avaliadas criteriosamente e seus condicionantes transformados em perguntas que deram origem as Listas de Verificação, cujo objetivo foi o de auxiliar o auditor no desempenho de suas atividades, sem deixar de avaliar os pontos estabelecidos pelos requisitos legais correlatos. A estrutura das Listas de Verificação a serem utilizadas no processo de Auditoria Ambiental Compulsória é apresentada na Tabela 2.

Os itens descritos na Tabela 2 são:

Nº = refere-se a uma organização referencial de itens da Norma que está sendo avaliada;

Item Auditado = refere-se à descrição completa do item a ser auditado. Este item é uma transcrição do requisito da Norma, transformado na forma de pergunta, e que o auditor deve avaliar para estabelecer uma conformidade ou não-conformidade.

Evidência = refere-se à evidência que o auditor deve relatar em relação ao item verificado. Neste campo o auditor pode apresentar evidências de conformidade ou não-conformidade ao item avaliado. Como evidência o auditor pode referenciar um documento legal, um documento da Gestão interna do empreendimento, anexar uma imagem ou explicitar informações que possam ser consideradas relevantes em relação ao item auditado.

Sim = refere-se que o item auditado é plenamente atendido por parte do auditado.

Não = refere-se que o item auditado não é atendido por parte do auditado, ou seu atendimento é parcial.

N/A = refere-se a um item que não é aplicável ao empreendimento auditado.

I/II/III = refere-se a níveis de atendimento, por parte do auditado, ao requisito avaliado, sendo que se propõe o seguinte parâmetro para avaliação:

I = Atendimento pleno aos requisitos legais sobre Saúde, Segurança e Meio Ambiente. Existência de Boas Práticas de Gestão Ambiental ou Saúde e Segurança ou ainda a execução de medidas necessárias para assegurar a proteção do meio ambiente e saúde do trabalhador para minimizar potenciais impactos negativos. Pode ser também definido como uma conformidade.

II = Não atendimento de requisitos legais sobre Saúde, Segurança e Meio Ambiente que em função de seu nível de controle e/ou impacto, o auditor (ou equipe auditora) não recomenda prazos ou ações imediatas para a adequação da não-conformidade identificada. Pode ser também definido como uma não-conformidade menor.

III = Não atendimento de requisitos legais sobre Saúde, Segurança e Meio Ambiente que no julgamento do auditor (ou equipe auditora) podem causar impactos significativos ou danos irreparáveis sobre o meio ambiente, perigo iminente, dano à saúde ou morte do trabalhador, devendo a atividade causadora dos impactos ser interrompida até a solução da não-conformidade. Pode ser também definido como uma não-conformidade maior.

Visando avaliar melhor o desempenho da empresa, bem como a adoção de práticas que possam ser consideradas em processos internos na organização para a evolução das condições

TABELA 3 – Proposta de avaliação de sustentabilidade do empreendimento

RESULTADO DE AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE	**DESEMPENHO / AÇÕES**
> 71 %	Forte comprometimento com aspectos correlatos à Saúde, Segurança e Meio Ambiente. As ações existentes devem ser mantidas e/ou melhoradas no empreendimento para continuidade e/ou melhoria no atendimento aos requisitos legais estabelecidos.
> 51% e < 70%	Fraco comprometimento com aspectos correlatos à Saúde, Segurança e Meio Ambiente. O empreendimento necessita estabelecer ações para atendimento pleno aos requisitos legais aplicáveis, bem como acompanhamento para melhorias contínuas.
≤ 50%	Ínfimo comprometimento com aspectos correlatos à Saúde, Segurança e Meio Ambiente. Necessita de ações imediatas de intervenção para a obtenção de melhorias e evitar danos à saúde humana ou ao meio ambiente.

TABELA 4 – Aplicação da Lista de Verificação e do Indicador de Sustentabilidade na avaliação do atendimento à NR 02, em uma indústria metalúrgica.

NR 02 - INSPEÇÃO PRÉVIA						
Nº	**Item Auditado**	**Evidência**	**Sim**	**Não**	**N/A**	**I/II/III**
1	O empreendimento possui o Certificado de Aprovação de Instalações – CAI emitido pela DRT (Delegacia Regional do Trabalho) para suas instalações posteriores à 08/06/1978?	Os responsáveis pelo empreendimento relataram à Equipe Auditora que o empreendimento não possui o CAI – Certificado de Aprovação de Instalações		X		III
2	Em hipótese negativa foi apresentada à DRT a "Declaração das Instalações", conforme modelo previsto da norma?	Os responsáveis pelo empreendimento relataram à Equipe Auditora que o empreendimento não apresentou à DRT a "Declaração de Instalações"		X		III
3	É prevista a necessidade de solicitar a prévia aprovação da DRT para a implantação de modificações substanciais nas instalações e/ou equipamentos?	Os responsáveis pelo empreendimento relataram à Equipe Auditora que conhecem a obrigatoriedade em atender ao requisito estabelecido, porém a prioridade é apresentar à DRT a "Declaração de Instalações" e, quando houver ampliações/modificações nas instalações ou equipamentos, será realizada comunicação oficial ao Órgão Fiscalizador			X	

encontradas durante o processo de auditoria, propõe-se a adoção de indicadores de sustentabilidade, conforme diferentes níveis de atendimento do empreendimento em relação ao requisito avaliado (níveis I, II e III). A proposta de indicadores de sustentabilidade é uma variação da metodologia proposta por Rosa (2008).

A sustentabilidade, representada em porcentagem (S) é verificada através da seguinte fórmula proposta: quantidade de respostas de nível I, multiplicado por 100, dividido pelo número de questões totais (N), diminuído pelo

número de alternativas "N/A", ou seja:

$$S = (\sum I * 100) / (N - \sum N/A)$$

Nesta análise das respostas das listas de verificação, levaram-se em conta os dados que constam na Tabela 3.

Estudo de Caso

Foram aplicadas as Listas de Verificação e os Indicadores de Sustentabilidade sugeridos para uma indústria metalúrgica cuja atividade principal é a fabricação e usinagem de peças de alumínio. Esta empresa está localizada na cidade de Pinhais/PR (Região Metropolitana de Curitiba) e produz peças e estruturas de alumínio e ferro fundido, utilizadas nas mais diversas atividades das segmentos industriais, em especial no setor automotivo.

Na Tabela 4 é apresentada a aplicação da Lista de Verificação e do Indicador de Sustentabilidade na avaliação do atendimento à NR 02, para o estudo de caso em questão.

A análise de sustentabilidade para esta lista de verificação frente aos resultados encontrados durante a auditoria foi:

Dada a fórmula proposta neste trabalho:

$$S = (\sum I * 100) / (N - \sum N/A)$$

Então:

$$S = (0*100) / (3-1) \rightarrow S = 0 \rightarrow S = 0{,}00\%$$

Este resultado explicita que o empreendimento possui ínfimo comprometimento com aspectos correlatos à Saúde e Segurança (para o item avaliado), necessitando de ações imediatas para o atendimento à legislação e prevenção de passivos trabalhistas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultado final do presente trabalho tem-se 27 listagens (*chek-lists)* de itens que devem ser verificados correlacionando aspectos do auditado com a legislação e normas pertinentes. Exemplificando, na Tabela 05, é apresentada a lista relativa ao atendimento da NR01 – Disposições Gerais.

Em Padilha (2009) são apresentadas todas as listas que compõem o método, incluindo 27 tabelas de verificação.

O método proposto pode atuar na sistematização do processo de verificação de conformidades e não-conformidades, ao utilizar o preenchimento de listas para o cumprimento dos itens de segurança ocupacional no contexto da auditoria ambiental compulsória, prevista pela Lei Estadual nº 13.448/2002. Este instrumento pode ser útil por apresentar, de forma estruturada, os requisitos legais correlatos às Normas Regulamentadoras do Ministério Trabalho e aplicáveis à grande maioria de empreendimentos considerados potencialmente poluidores.

A utilização das Listas de Verificação pode ser tanto para o contexto de auditorias compulsórias, como para aqueles empreendimentos que desejem avaliar seu atendimento aos requisitos legais ocupacionais correlatos, tendo em vista que a transformação dos itens das Normas Regulamentadoras em perguntas facilita ao avaliador buscar rapidamente as evidências em seus empreendimentos.

Os critérios de sustentabilidade sugeridos no presente trabalho buscam dar condições ao avaliador de verificar objetivamente o grau de conformidade do empreendimento auditado e sua relação com o aspecto ocupacional. De forma mais clara, esses critérios possibilitam identificar quais atividades precisam ser priorizadas no processo de gestão da segurança ocupacional da empresa, com vistas a se ter um atendimento pleno aos requisitos legais aplicáveis. Com base nos resultados da avaliação de sustentabilidade, planos de ação e/ou planos de trabalho podem ser adotados por parte dos tomadores de decisão dos empreendimentos para que se alcance a excelência na gestão de saúde e segurança ocupacional, prevenindo doenças e acidentes e mitigando impactos ambientais significativos.

CONCLUSÕES

No presente trabalho buscou-se estabelecer um procedimento padrão a ser utilizado por parte dos auditores que realizam Auditoria Ambiental Compulsória (AAC), para que realizem também a auditoria de Segurança Ocupacional dentro do contexto da Auditoria Ambiental Compulsória.

Este procedimento foi realizado através da elaboração de listas de verificação (*check-lists*) pautada nas Normas Regulamentadoras (NR´s) do Ministério do Trabalho, cujo objetivo foi o de fornecer aos auditores ambientais cadastrados junto ao IAP para a realização do procedimento de Auditoria Ambiental Compulsória, e que não possuem familiaridade com as legislações correlatas, uma ferramenta de auxílio para a avaliação de atividades que possam causar perigos e danos ao trabalhador, sem esquecer o contexto das atividades potencialmente poluidoras realizadas dentro dos empreendimentos.

Neste trabalho foi proposto também um método de avaliação de sustentabilidade do empreendimento auditado, pautado no atendimento aos itens de verificação realizados durante a auditoria compulsória. Estes indicadores, bem como o método proposto, são ferramentas que podem auxiliar o Órgão Ambiental na avaliação do resultado final da auditoria em relação ao comprometimento do empreendimento auditado frente

TABELA 5 – Aplicação da Lista de Verificação quanto ao atendimento a NR 01 – Disposições Gerais.

NR 01 - DISPOSIÇÕES GERAIS						
Nº	**Item Auditado**	**Evidência**	**Sim**	**Não**	**N/A**	**I/II/III**
1	Os empregados são informados sobre as possibilidades de punições pelo descumprimento das ordens de serviço relativas à saúde e segurança do trabalho?					
2	São adotados procedimentos que possibilitem aos empregados obterem informações sobre os riscos profissionais que possam originar-se nos locais de trabalho?					
3	São adotados procedimentos que possibilitem aos empregados obterem informações sobre os meios para prevenir, limitar ou eliminar tais riscos e as ações a serem adotadas em caso de acidente ou doenças do trabalho?					
4	São informados aos empregados os resultados dos exames médicos e de exames complementares de diagnóstico aos quais forem submetidos?					
5	São informados aos empregados os resultados das avaliações ambientais realizadas nos locais de trabalho?					
6	Existem procedimentos e/ou treinamentos para dar ciência aos empregados sobre a prevenção de atos inseguros no desempenho do trabalho?					

aos requisitos estabelecidos para a atividade.

Do ponto de vista do auditado, as informações de sustentabilidade sugeridas neste trabalho, quando apresentadas no relatório de auditoria, podem ser utilizadas para a elaboração de planos de trabalho, com o objetivo de evoluir seu sistema de gestão de Saúde, Segurança e Meio Ambiente, refletindo-se no pleno atendimento aos requisitos legais aplicáveis, na minimização de passivos ambientais e trabalhistas e por fim na busca pela sustentabilidade da organização.

O estudo de caso apresentado neste trabalho refere-se a uma indústria metalúrgica situada no Estado do Paraná e, portanto sujeito às leis deste Estado e também às leis federais pertinentes. Embora o objetivo da apresentação deste estudo de caso foi o de exemplificar o método descrito no presente trabalho, pode-se dizer que tais listas de verificação podem servir de base a outras atividades potencialmente poluidoras e também para empreendimentos localizados em outros estados da federação.

Por fim, pode-se concluir que as listas de verificação propostas no presente trabalho e melhor descritas em Padilha (2009) constituem um importante e eficaz instrumento para a realização de Auditoria Ambiental Compulsória (AAC), objetivando buscar a sustentabilidade nas questões ambientais, sociais e econômicas.

Mesmo que nas questões econômicas isso se reflita em um acréscimo de custo nos produtos ao consumidor final, trazendo à luz do pensamento filosófico a questão da economia verde, pois o preço final de um produto é composto pelo custo da matéria-prima, custo da mão de obra, lucro da empresa e também, a partir de uma nova visão, o custo da utilização do recurso natural, não apenas como insumo, mas também como algo que faz parte de um ecossistema e a sua exploração consiste em alterar esse sistema que até então estava em equilíbrio.

Desta forma, introduz-se um novo custo ao sistema produtivo, pois as empresas terão mais despesas para atender os requisitos legais de preservação e recuperação do meio ambiente e obviamente esses custos serão repassados aos consumidores. Porém, as empresas que forem mais eficientes e tecnológicas produzirão produtos mais inteligentes e baratos e atenderão um número maior de consumidores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL **Constituição da República Federativa do Brasil** promulgada em 5 de outubro de 1988. Organização do texto: Juarez de Oliveira. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 1990. 168 p (Série Legislação Brasileira)

BRASIL. **Lei 9605 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 em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm. Acesso em: 02 Fev. 2010.

BRASIL. **Lei 6938 de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em: 02 Fev. 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 265, de 27 de Janeiro de 2000**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para as Auditorias em Instalações de Petróleo e Derivados. Brasília, DF, 2000. Disponível em: http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res00/res26500.html. Acesso em: 01 Fev. 2010.

BRASIL. **Lei 6514 de 22 de dezembro de 1977**. Altera o capítulo V do Título II da Consolidação das leis do trabalho, relativo a segurança e medicina do trabalho e dá outras providências. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6514.htm. Acesso em: 02 Fev. 2010.

BRASIL **Norma Regulamentadora Nº 1 – Disposições Gerais** Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/default.asp> Acesso em 20 de Outubro de 2008

BRASIL **Norma Regulamentadora Nº 2 – Inspeção Prévia** Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/default.asp> Acesso em 20 de Outubro de 2008

BRASIL **Norma Regulamentadora Nº 4 – Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho** Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/default.asp> Acesso em 20 de Outubro de 2008

BRASIL **Norma Regulamentadora Nº 5 – Comissão Interna de Prevenção de Acidentes – CIPA** Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/default.asp> Acesso em 20 de Outubro de 2008

BRASIL **Norma Regulamentadora Nº 6 – Equipamentos de Proteção Individual – EPI** Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/default.asp> Acesso em 20 de Outubro de 2008

BRASIL **Norma Regulamentadora Nº 7 - Programas de Controle Médico de Saúde Ocupacional** Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/default.asp> Acesso em 20 de Outubro de 2008

BRASIL **Norma Regulamentadora Nº 8 - Edificações** Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/default.asp> Acesso em 20 de Outubro de 2008

BRASIL **Norma Regulamentadora Nº 9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais.** Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/default.asp> Acesso em 20 de Outubro de 2008

BRASIL **Norma Regulamentadora Nº 10- Instalações e Serviços em Eletricidade** Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/default.asp> Acesso em 20 de Outubro de 2008

BRASIL **Norma Regulamentadora Nº 11 - Transporte, Movimentação, Armazenagem e Manuseio de Materiais** Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/default.asp> Acesso em 20 de Outubro de 2008

BRASIL **Norma Regulamentadora Nº 12 - Máquinas e Equipamentos** Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/default.asp> Acesso em 20 de Outubro de 2008

BRASIL **Norma Regulamentadora Nº 13 – Caldeiras e Vasos de Pressão** Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/default.asp> Acesso em 20 de Outubro de 2008

BRASIL **Norma Regulamentadora Nº 14 – Fornos** Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/default.asp> Acesso em 20 de Outubro de 2008

BRASIL **Norma Regulamentadora Nº 15 Atividades e Operações Insalubres -** Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/default.asp> Acesso em 20 de Outubro de 2008

BRASIL **Norma Regulamentadora Nº 16 Atividades e Operações Perigosas -** Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/default.asp> Acesso em 20 de Outubro de 2008

BRASIL **Norma Regulamentadora Nº 17 – Ergonomia** Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/default.asp> Acesso em 20 de Outubro de 2008

BRASIL **Norma Regulamentadora Nº 19 – Explosivos** Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/default.asp> Acesso em 20 de Outubro de 2008

BRASIL **Norma Regulamentadora Nº 20 - Líquidos Combustíveis e Inflamáveis** Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/default.asp> Acesso em 20 de Outubro de 2008

BRASIL **Norma Regulamentadora Nº 23 – Proteção contra Incêndios** Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/default.asp> Acesso em 20 de Outubro de 2008

BRASIL **Norma Regulamentadora Nº 24 – Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho** Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/default.asp> Acesso em 20 de Outubro de 2008

BRASIL **Norma Regulamentadora Nº 25 - Resíduos Industriais** Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/default.asp> Acesso em 20 de Outubro de 2008

BRASIL **Norma Regulamentadora Nº 26 - Sinalização de Segurança** Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/default.asp> Acesso em 20 de Outubro de 2008.

BRASIL **Norma Regulamentadora Nº 32 – Segurança e Saúde no Trabalho em Serviços de Saúde** Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/default.asp> Acesso em 20 de Outubro de 2008

BRASIL **Norma Regulamentadora Nº 33 – Espaços Confinados** Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/default.asp> Acesso em 20 de Outubro de 2008.

GRIZZI, Ana Luci Esteves. **Direito Ambiental, Auditorias Ambientais e Atividades Econômicas**. Direito Ambiental – Enfoques Variados, Lemos & Cruz, 2003.

JONES, David G. **Auditoria ambiental**. Rio de Janeiro: UERJ: PROENCO, 1997. p.1-3.

JURISDIÇÃO DO ESTADO DO PARANÁ. Lei nº 13.448, de 11 de janeiro de 2.002. Dispõe sobre Auditoria Ambiental Compulsória e adota outras providências. **Diário Oficial do Estado do Paraná**, Curitiba, PR, 11 jan. 2.002.

JURISDIÇÃO DO ESTADO DO PARANÁ. Decreto nº 2.076 de 07 de novembro de 2.003. Aprova o Regulamento da Lei nº 13.448, de 11 de janeiro de 2.002, que dispõe sobre a Auditoria Ambiental Compulsória e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado do Paraná**, Curitiba, PR, 07 nov. 2.003.

JURISDIÇÃO DO ESTADO DO PARANÁ. Portaria IAP nº 145, de 20 de setembro de 2005. Estabelece os critérios para classificação e descredenciamento de auditores para a realização de Auditoria Ambiental Compulsória, os critérios para a análise dos Relatórios de Auditorias Ambientais e Planos de Correção de Não Conformidades, em cumprimento a Lei Estadual nº 13.448/02, Decreto Estadual nº 2.076/03 e Portaria IAP nº 049/2005. **Diário Oficial do Estado do Paraná**, Curitiba, PR, 26 set. 2.005.

LA ROVERE, Emilio Lèbre. **Manual de Auditoria Ambiental**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

MALUCELLI, Flávia Prado. **Auditoria ambiental compulsória e sua inserção no sistema jurídico brasileiro**: Trabalho de Conclusão de (Curso de Direito) – Centro de Ciências Sociais e Jurídicas, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2004.

NETO, César Lourenço Soares. **O direito de não produzir prova contra si mesmo (o princípio *nemo tenetur se detegere*) frente às disposições da Lei 13.448**, Curitiba, PR, maio, 2.004.

PADILHA, Jean Carlos. **Proposta de check-list para inclusão de empreendimentos à matriz de enquadramento de atividades auditáveis segundo a lei estadual 13.448/2.002**: Monografia de Pós-Graduação do Curso de Especialização em Perícia e Auditoria Ambiental – Instituto Martinus de Educação e Cultura - IMEC, Curitiba, 2004.

PADILHA, Jean Carlos. **Auditoria Ambiental Compulsória: Diretrizes para a Realização de Auditoria de Segurança Ocupacional no Contexto dos Instrumentos para a Gestão Ambiental**: Monografia de Pós-Graduação do Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho – Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Curitiba, 2009.

ROSA, Fabricia Silva da; PFITSCHER, Elisete Dahmer; STEIGER, Marcianni Maria Steiger; NUNES, João Paulo de Oliveira; SILVA, Guilherme Julio da. **A Implantação do SICOGEA - Sistema Contábil Gerencial Ambiental em um Hospital**. XV Congresso Brasileiro de Custos – Curitiba - PR, Brasil, 12 a 14 de novembro de 2008.

SALES, Rodrigo. **Auditoria Ambiental e seus Aspectos Jurídicos**. São Paulo: LTR, 2001.

Recebido em: jul/2011
Aprovado em: jun/2012

ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambietal

Av. Beira-Mar, 216, 13º andar
Castelo | Rio de Janeiro | RJ | Brasil | CEP 20021-060
Tel: (21) 2277-3900 Fax: (21) 2262-6838

www.abes-dn.org.br