

**Biomonitoramento, conservação e recuperação do Bioma Pampa****Sandro Moreira Tuerlinckx**  
**Programa de Extensão**

<b>Área temática:</b> Saúde Ocupacional	Comunicação     Cultura     Direitos Humanos e Justiça   x   Meio Ambiente     Educação   x   Saúde     Trabalho     Tecnologia e Produção
---	--

*Bagé, Janeiro de 2018*

## 1. Caracterização do Problema

---

De acordo com a Fundação de Economia e Estatística do Rio Grande do Sul (FEE/RS, 2016) a Região da Campanha (Corede Campanha) possui uma população total (2014) 223.845 habitantes; área (2015) 18.241,5 km<sup>2</sup>; densidade Demográfica (2013) 11,9 hab/km<sup>2</sup> e exportações Totais (2014) U\$ FOB 199.130.251, situando-se na região sudoeste do Rio Grande do Sul, integrante do Bioma Pampa.

O Bioma Pampa constitui uma das importantes reservas naturais do país, caracterizado por atividade produtiva primária, com adequado nível de prática conservacionista em significativa parte da sua extensão, baseada na produção de bovinos e ovinos em pastagens naturais, além da produção de grãos, como o arroz irrigado e a soja.

A partir do início do milênio, a Região da Campanha experimentou a implantação de atividades “não tradicionais”, como o plantio de rosáceas (pêssego, ameixa e morangos), o estabelecimento de diversos vinhedos, formado por cultivares viníferas e, mais recentemente, a implantação de bosques de eucalipto e acácia-negra, em associação à produção pastoril, além do cultivo de olivais.

Apesar de relevante como fonte geradora de renda e de fixação das populações no meio, a atividade agropecuária resulta por vezes no emprego de ações antrópicas inadequadas ao Bioma Pampa, as quais podem ocasionar algumas modificações deletérias ao meio ambiente, como uma maior introdução de compostos químicos aos ecossistemas. De fato, a contaminação ambiental gerada pelo uso de agroquímicos tem se intensificado devido ao aumento das atividades agrícolas. Além da poluição ambiental grave, o uso de pesticidas em lavouras representa sérios problemas à saúde humana (PERIS-SAMPEDRO et al., 2015).

A presença de um complexo termelétrico na Região da Campanha é outro fator impactante que deve ser destacado. A quantidade total de cinzas geradas pela combustão do carvão em usinas é enorme e foi estimado que a produção mundial desse resíduo ultrapasse 750 milhões de toneladas/ano (IZQUIERDO e QUEROL, 2012). No Brasil, a geração de eletricidade pelas termelétricas produz cerca de quatro milhões de toneladas de cinzas por ano, dos quais 65-85% são cinzas leves e 15-35% são cinzas de fundo (ROHDE et al., 2006; LEVANDOWSKI e KALKREUTH, 2009).

Mais recentemente, encontra-se em fase de licenciamento ambiental um empreendimento da empresa Votorantim Metais, com a perspectiva de implantação de uma mina para produção de 36 mil toneladas de chumbo contido, 16 mil toneladas de zinco e cinco mil toneladas de cobre contido, ao ano (Rio Grande do Sul, 2016).

Desta forma, o monitoramento e o biomonitoramento dos solos, sedimentos e recursos hídricos impactados pelas atividades agrícolas e pelos empreendimentos de mineração tem grande importância na preservação ambiental, demandando métodos padronizados e reprodutíveis para sua efetiva condução (RÖMBKE et al., 2005; HWANG et al., 2009).

Abordagens biológicas para a monitorização dos ecossistemas tais como a medição de biomarcadores em organismos bioindicadores, são alvos de atenção crescente. Assim, diversos estudos propõe uma análise integrada com múltiplos biomarcadores (CALISI et al., 2011; CALISI et al., 2013; ZHANG et al., 2014).

Nesse sentido, a associação entre marcadores bioquímicos como as atividades enzimáticas, a avaliação de danos ao DNA e a análise de polimorfismos genéticos, são uma abordagem ecotoxicológica que vem se destacando pelo seu êxito em pesquisas realizadas recentemente (REINECKE e REINECKE, 2004; LI et al., 2009; ZHENG et al., 2013; HAN et al., 2014; WANG et al., 2015).

## **2. Objetivos**

---

### **2.1. MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA E EFLUENTES**

O programa da URCAMP de monitoramento da qualidade da água tem por objetivo investigar a poluição dos recursos hídricos e também analisar a contaminação oriunda de efluentes industriais, assim como monitorar o impacto da atividade da extração de carvão sobre os cursos d'água da região. Além disso, propõe-se a verificar a potabilidade e pesquisar a presença de resíduos químicos potencialmente perigosos na água consumida pela população.

### **2.2. MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO SOLO**

A proposta da URCAMP no monitoramento da qualidade do solo visa avaliar o impacto que as atividades antrópicas exercem sobre os solos da região, elaborando planos de monitoramento do solo e de sedimentos; coleta de amostras de solo e de sedimentos, acondicionamento e transporte para análise laboratorial dos parâmetros físicos e químicos de acordo com a Resolução CONAMA Nº 420/2009.

### **2.3. MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR**

O programa da URCAMP propõe-se a realizar o monitoramento da qualidade do ar no entorno do empreendimento poluidor, preferencialmente na comunidade mais próxima, a fim de avaliar o impacto da poluição na população e verificar o atendimento aos padrões de qualidade do ar.

### **2.4. MONITORAMENTO DA BIODIVERSIDADE**

Este programa tem por objetivo investigar a ação de atividades potencialmente poluidoras na região da campanha sobre organismos considerados bioindicadores e com o uso de biomarcadores, de acordo com protocolos internacionais referendados pela OECD e ISO.

### **2.5. ESTUDOS DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS IMPACTADAS**

Pesquisar espécies nativas com potencial uso em revegetação de áreas impactadas. Georreferenciar locais e pontos de coleta com possíveis impactos ambientais. Formar

banco de dados sobre o meio ambiente da região. Plantio e distribuição de mudas nativas, bem como formação de pessoal para atuar na recuperação de áreas degradadas e proteção da mata ciliar e revegetação

## 2.6. ALTERNATIVAS SUSTENTÁVEIS DE PROTEÇÃO AO MEIO AMBIENTE DA REGIÃO

Pesquisa e aplicação de biofiltros para tratamento de efluentes industriais e de esgoto urbano, assim como, pesquisa e produção de biofertilizantes oriundos de resíduos agroindustriais.

## 3. Justificativa

---

São necessários estudos sobre a flora e a fauna originada no Bioma Pampa, bem como, o seu grau de preservação ou de degradação. O atual sistema de produção da região, de significativa relevância socioeconômica, desencadeou uma condição que compromete os recursos naturais. A ação antrópica tem levado a uma modificação, influenciando no desenvolvimento sustentável da região, bem como na saúde da população.

Em ecossistemas aquáticos e terrestres, as mudanças ambientais nos parâmetros físicos e químicos, decorrentes de despejos domésticos, agrícolas e industriais, causam alterações na estrutura do conjunto de seres vivos habitantes desses ambientes. Entretanto, essas alterações não podem ser adequadamente descritas simplesmente pela mensuração de todos os parâmetros físicos e químicos que caracterizam o sistema (KLUMPP, 2001).

O monitoramento ambiental foi durante anos baseado somente em análises químicas, que quantificam concentrações de poluentes. Todavia, apesar de importantes, é preciso reconhecer a limitação de tais metodologias, pois podem ser insuficientes para a real compreensão das interações dessas substâncias com os sistemas biológicos (ESPÍNDOLA et al., 2003).

Desta forma, o biomonitoramento é uma maneira de aferir o nível de comprometimento da vida nos ecossistemas e avaliar o grau de degradação ambiental, conseqüentemente, a qualidade de suas águas e de seu solo. Esta técnica consiste no uso sistemático de respostas biológicas para avaliar mudanças ambientais (geralmente antropogênicas) com o objetivo de utilizar esta informação em um programa de controle de qualidade (LIMA, 2000; KLUMPP, 2001; BUSS et al., 2003; CALLISTO et al., 2005).

## 4. Métodos e Procedimentos

---

### 4.1. MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA E EFLUENTES

A informação sobre a qualidade da água de corpos hídricos é essencial na elaboração de diagnósticos ambientais para licenciamento de diferentes tipos de atividades e empreendimentos com potencial poluidor dos recursos hídricos, como aterros sanitários, armazenamento temporário de resíduos sólidos, lançamento de efluentes em corpos d'água, atividades de mineração e indústrias diversas. O monitoramento da qualidade da água é a ferramenta utilizada na obtenção de dados e geração destas informações, tanto no diagnóstico quanto no acompanhamento das medidas mitigadoras e compensatórias previstas nos programas ambientais.

A qualidade da água é que define o enquadramento do corpo hídrico nas classes de uso da Resolução CONAMA Nº 357/2005. Desta forma, o monitoramento da qualidade da água configura-se como uma ferramenta auxiliar na gestão dos recursos hídricos por agências reguladoras e comitês de bacia hidrográfica. Testes importantes para verificar a qualidade de efluentes e recursos hídricos são a Demanda bioquímica de oxigênio (BOD), Demanda química de oxigênio (COD), Sólidos suspensos totais (TSS), Turbidez, pH e nitrato, sulfato e fosfato

Os níveis dos metais Pb, Cu, Cd, Zn, Cr, Ni, Mo, Mn, Fe e Mg nos recursos hídricos e em efluentes da agroindústria da região serão estimados por espectrofotometria de absorção atômica (CG Analítica AA - 904). Complementarmente, serão realizados testes microbiológicos para identificação de coliformes fecais e outros agentes patogênicos.

#### 4.2. MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO SOLO

O monitoramento do solo é utilizado no diagnóstico da área de influência de um empreendimento, bem como no acompanhamento dos impactos potenciais de atividades de implantação e operação do mesmo. Inclui-se ainda o monitoramento de sedimentos de fundo de lagos e reservatórios. As atividades que mais empregam este tipo de monitoramento são aquelas que apresentam maior risco de contaminação do solo. Alguns exemplos são parques de armazenamento de combustíveis, solventes e outras substâncias químicas; terminais terrestres, fluviais ou marítimos de transporte de cargas; portos; postos de combustível; áreas de mineração.

Os Solos em estudo serão localizados somente na região do COREDE (Conselho Regional de Desenvolvimento) CAMPANHA. Os solos serão coletados de uma profundidade de 20 cm, colocados em sacos plásticos identificados (Rolas, 2004) e encaminhados ao Laboratório de Solos/URCAMP. Serão coletadas 20 sub-amostras para formar uma amostra composta, representativa dos ambientes estudados. A localização dos pontos será determinada por GPS.

As amostras de solo serão digeridas com ácido nítrico concentrado e ácido perclórico e as concentrações de metais serão estimadas por espectrofotometria de absorção atômica (CG Analítica AA - 904). Além disso, a análise de resíduos de agroquímicos e da produção de gases do efeito estufa poderá ser realizada pelo cromatógrafo gasoso *AGILENT*.

#### 4.3. MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR

O monitoramento da qualidade do ar no entorno do empreendimento poluidor, a fim de avaliar o impacto da poluição na população e verificar o atendimento aos padrões de qualidade do ar, será realizado por Amostradores de Grande Volume de Partículas Totais e Inaláveis.

#### 4.4. MONITORAMENTO DA BIODIVERSIDADE

As informações físico-químicas sobre a qualidade da água, solo e ar são essenciais para um programa de monitoramento ambiental, entretanto não são suficientes para assegurar que os organismos que habitam um ecossistema não estejam sendo afetados. Diante deste fato, a avaliação do impacto de diferentes poluentes e atividades antrópicas sobre organismos bioindicadores torna-se fundamental para compreender os efeitos causados sobre populações em um ecossistema.

Assim, organismos testes são empregados em metodologias de laboratório altamente padronizadas, cujos resultados são também altamente reprodutíveis. Neste grupo são incluídos, entre outras metodologias, os testes com minhocas, moscas, alface, cebola e bactérias.

Os biomarcadores bioquímicos em organismos bioindicadores serão determinados por espectrofotometria UV/VIS e em leitora de microplacas, enquanto análises de genotoxicidade como os testes de micronúcleos de DNA cometa serão realizadas por microscopia óptica.

#### 4.5. ESTUDOS DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS IMPACTADAS

Serão desenvolvidas mudas de plantas de espécies nativas por meio da técnica de micropropagação vegetal, para uso em revegetação de áreas impactadas. Além disso, será realizado o plantio e distribuição de mudas nativas, bem como formação de pessoal para atuar na recuperação de áreas degradadas e proteção da mata ciliar e revegetação

#### 4.6. ALTERNATIVAS SUSTENTÁVEIS DE PROTEÇÃO AO MEIO AMBIENTE DA REGIÃO

A pesquisa e aplicação de biofiltros para tratamento de efluentes industriais e de esgoto urbano, será desenvolvida com filtro a base de minhocas (vermifiltro) assim como, a pesquisa e produção de biofertilizantes oriundos de resíduos agroindustriais será realizada por intermédio da técnica de vermicompostagem.

### **5. Resultados e/ ou produtos esperados**

---

O presente programa de extensão pode auxiliar nas avaliações toxicológicas dos poluentes que são gerados em grande quantidade e depositados no meio ambiente, fornecendo uma base científica para a análise do risco ecológico envolvendo contaminantes e sua interação com seres vivos. Além disso, contribuirá cientificamente através da formação de cursos e divulgação de resumos e artigos científicos a serem publicados em periódicos com bom fator de impacto na área de Ciências Ambientais, tonificando a

formação interdisciplinar de discentes e a consolidação de grupos de pesquisa na instituição. Concomitantemente, auxiliará na estruturação da extensão e pesquisa na URCAMP, contribuindo com a sua inserção no cenário científico, sendo de extrema relevância para o desenvolvimento da região da campanha do RS.

Na região de proposta deste estudo, não existem dados toxicológicos consistentes sobre os efeitos de diferentes atividades agrícolas e mineradoras sobre organismos que habitam o Bioma Pampa. Deste modo, o programa **“Biomonitoramento, conservação e recuperação do Bioma Pampa”** fornecerá dados relevantes sobre o impacto das atividades antrópicas na região da campanha do RS.

O presente programa proporcionará a inclusão de jovens estudantes, os quais poderão futuramente ingressar em cursos de Pós-graduação com uma experiência de atuação mais solidificada. Além disso, disponibilizará novas ferramentas que venham a contribuir com a extensão e a pesquisa científica na região.

Este programa está em consonância com o Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI), da URCAMP, que promove a institucionalização da inovação, pesquisa e extensão, visando o entendimento e a preservação do Bioma Pampa que trarão retorno não só na formação de profissionais, como no avanço científico e tecnológico da Região da Campanha, além de proporcionar transferência de tecnologia aplicada e sustentável para o setor produtivo.

## 6. Projetos de Extensão/pesquisa relacionados ao Programa.

Pesquisa	<b>02/2014</b>	PQ84614	Estudos Fitogeográficos no Bioma Pampa: vegetação original do município de Alegrete - RS.
Pesquisa	<b>jan-15</b>	PQ86515	Biomonitoramento do ar na região da Campanha, RS.
Pesquisa	<b>jan-15</b>	PQ86615	Avaliação de germinação e crescimento de espécies arbóreas nativas na Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria, RS.
Pesquisa	<b>02/2014</b>	PQ82414	Informações sobre a qualidade de sementes de azevém analisadas no laboratório de análise de sementes IN-TEC/URCAMP, provenientes da região da campanha do Rio Grande do Sul
Pesquisa	<b>02/2016</b>	PQ999/16	Avaliar efeitos alelopáticos de resíduos da vitivinicultura e da indústria de azeite no controle de plantas espontâneas
Pesquisa	<b>01/16</b>	PQ977/16	Efeito das cinzas volantes de carvão sobre marcadores bioquímicos do estresse oxidativo em minhocas <i>Eisenia foetida</i>
Pesquisa	<b>02/2016</b>	PQ995/16	Avaliação da capacidade metabólica de minhocas <i>Eisenia foetida</i> expostas a cinzas volantes de carvão oriundas de usina termoeletricas
Pesquisa	<b>02/2016</b>	PQ991/16	Levantamento da mesofauna (ácaros e colêmbolos) de diferentes cultivares de matrizes de moranguro

Extensão	<b>01/16</b>	X604/16	Monitoramento da qualidade da água bebida dos moradores da localidade do Passo do Perez, Bagé-RS
Pesquisa	<b>01/2015</b>	PQ87915	Fauna de vertebrados terrestres em uma área do Município de Bagé/RS

## **7. Recursos financeiros, humanos e físicos e equipamentos disponíveis**

**7.1. Análises de Sementes:** credenciado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) RS/01323-2007 para realizar análises de sementes de várias espécies como forrageiras, olerícolas, grandes culturas e espécies florestais, atendendo à metade sul do RS. Desenvolve seus procedimentos dentro das normas de qualidade NBRISOIEC 17025: 2005. Equipamentos: 11-Câmaras de germinação; Germinadores; 01-Engenho de prova; 01-Engenho de prova; 01-Balança analítica digital; 01-Balança; 01-Balança determinadora de umidade; 01-Balança Analítica digital; 01-Balança manual; 01-Balança p/ peso hectolítrico; 01-Balança analítica; 01-Homogeneizador centrífugo; 01-Homogeneizador manual; 01-Divisor de solos; 01-Estufa; 01-Estufa para esterilização e secagem; 01-Estufa para esterilização e secagem; 01-Estufa; 01-Soprador de sementes; 01-Desumidificador de ar; 01-Aparelho semeador a vácuo; 02-Lupas; 02-Dessecadores de vidro; 01-Bombo de metal p/ priming.

**7.2. Biotecnologia Vegetal:** Possui salas de limpeza e esterilização; de preparo de meios de cultivo e soluções, estocagem de reagentes; de transferência dos cultivos (sala asséptica); de crescimento, com controle de luminosidade e temperatura do ar; almoxarifado (armazenamento de insumos, materiais de pesquisa e serviços). São realizadas pesquisas na área de micropropagação vegetal, para limpeza clonal e produção de mudas de alta qualidade fisiológica e fitossanitária. Salas laboratoriais: 06; sala do responsável técnico: 01; sala de limpeza e esterilização: 01; sala de preparo de meios de cultivo e soluções, estocagem de reagentes: 01; sala de transferência dos cultivos (sala asséptica): 01; sala de crescimento, com controle de luminosidade e temperatura do ar: 01; sala almoxarifado (armazenamento de insumos, materiais de pesquisa e serviços). Equipamentos: 01 Autoclave; 01 Destilador de água; 01 Refrigerador; 01 Forno de microondas,; 01 Agitador magnético com aquecimento; 01 Medidor de pH; 01 Balança digital; 01 Fluxo laminar; 01 Fluxo laminar; 01 Programador horário eletromecânico; 01 Macropipetador; 01 Medidor de pH.

**7.3. Biologia do Solo:** Possui uma área física de 163,16m<sup>2</sup>. Equipamentos: 03 Estereomicroscópios binoculares; 01 Microscópio biológico binocular; 01 Microscópio biológico Trinocular; 01 Estereomicroscópio Trinocular; 01 Capela de fluxo laminar marca Trox; 01 Agitador magnético; 01 Estufa; 01 Autoclave; 01 Forno micro-ondas; 01 Balança de precisão AS 5500; 01 Refrigerador Biplax; 01 Liquidificador; 01 Agitador de Tubos; 01 Destilador de água; 01 Estufa a gás; 01 Casa de vegetação Policarbonato; 01 Sistema de Irrigação; 01 Germinador.



7.4. **Bromatologia:** área física de 60m<sup>2</sup>; instalações: sala de balanças e estufas, sala de recepção e encaminhamento das amostras, geladeira, freezer e armários; digestores de fibra e proteína, destiladores de gordura e proteína e mufla.

7.5. **Química Analítica Ambiental:** Possui uma área física de 265,33m<sup>2</sup>: sala de Cromatografia de Absorção Gasosa; sala do Espectrofotômetro de Absorção Atômica; sala do Gaseificador de Bancada; 03 equipamentos externos para coleta da qualidade de ar.

7.6. **Genotoxicidade:** possui duas estufas de esterilização, uma estufa do tipo BOD, duas centrífugas de bancada, deionizador de água, capela de exaustão de gases, cubas eletroforese vertical (12 x12), 02 microscópios binoculares e fonte eletroforese.

7.7 **Marcadores Bioquímicos:** Analisador bioquímico semi-automático, espectrofotômetro UV/VIS Femto, leitora de microplacas Anthos 2010 e minhobox vertical.

7.8. **Análise de Solos:** área física de 158,84m<sup>2</sup>: recepção; sala de preparo de amostras; sala de leitura; sala com estufas; sala de arquivos de solos; sala de pesquisadores; sala de aula.

7.9. **Telado de Produção de Húmus (minhocário):** É constituído por um prédio de alvenaria medindo 5m x 5m, com janelas teladas e proteção de plástico. Contém 13 caixas de madeira de cedro e cedrinho com dimensões de 1,00m x 0,60m x 0,20m, cada caixa

7.10. **Microbiologia:** Possui uma área física de 75m<sup>2</sup>. Nesta área, estão as seguintes instalações equipadas com vidrarias, meios de cultura, reagentes, aparelhos diversos e microscópios; Área de recebimento de material; Área de limpeza e esterilização de material; Área de microscopia; Área de procedimento de amostras; Sala dos responsáveis técnicos.

7.11. **Entomologia Agrícola:** A área física é de 27,00m<sup>2</sup>. Possui 4 microscópios estereoscópicos binoculares. O laboratório dispõe de pulverizador com controle de pressão para a realização de aplicação de agrotóxicos em experimentos conduzidos a campo.

7.12. **Herbário didático:** É composto por uma sala de 30m<sup>2</sup> e possui dois armários de aço inoxidável, um microscópio estereoscópio, uma mesa para montagem de exsiccatas, 40 prensas e uma estufa de ar forçado, tesouras e podões para coleta de plantas.

7.13. **Fazenda Experimental Santa Rita** (Campus Rural Urcamp Alegrete): com 465 hectares está localizada no 6º Subdistrito Catimbau (29° 54' 30" S e 55° 45' 25" W). Está dividida em duas glebas, uma em cada margem do rio Ibirapuitã, apresenta relevo predominante de colinas onduladas, (em geral com substrato vulcânico e, por vezes arenítico) e pequenas porções de planícies de acumulação (várzeas). A vegetação, na maior parte é campestre, muitas vezes entremeada por matas ciliares (associada ao rio Ibirapuitã e alguns afluentes) e pequenos núcleos florestais (os capões-de-mato) dispersos no campo, em certos locais. A maior parte da área da Fazenda Santa Rita encontra-se em zona de amortecimento da Reserva Biológica de Ibirapuitã (Decreto Estadual Nº 31.788, de 10 de junho de 1976). Esta Unidade de Conservação estadual, pertence à categoria de

Proteção Integral, de acordo com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC (Lei Federal N° 9.985 de 18 de julho de 2000).

7.14. **Campus Rural Urcamp Bagé:** com 310 hectares está localizada no distrito de Olhos D'Água (31° 16' 49" S e 53° 59' 26" W). Apresenta relevo bastante variado de montanhoso, com escarpas verticais, passando por forte ondulado, suave ondulado, (em geral com substrato arenítico) e pequenas porções de planícies de acumulação (várzeas). A vegetação, na maior parte é campestre, muitas vezes entremeada por matas ciliares e pequenos núcleos florestais dispersos no campo, em certos locais. O Campus Rural de Bagé possui pomares de ameixeiras, citros, figueiras, macieiras, nectarineiras, pessegueiros, videiras e matrizeiros de porta enxertos de videiras. Há ainda hortas didáticas, casas de vegetação e pastagens de espécies forrageiras nativas e exóticas, estivais, hibernais e permanentes.

## 8. Referências bibliográficas

---

BUSS, D. F.; BAPTISTA, D. F.; NESSIMIAN, J. L. Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios. **Caderno de Saúde Pública**. Rio de Janeiro.v. 19, n. 2: p. 465-473. 2003.

CALISI, A., LIONETTO, M.G., SCHETTINO, T. Biomarker response in the earthworm *Lumbricus terrestris* exposed to chemical pollutants. **Sci. Total Environ**. 409, 4456–4464, 2011.

CALISI, A., ZACCARELLI, N., LIONETTO, M.G., SCHETTINO, T. Integrated biomarker analysis in the earthworm *Lumbricus terrestris*: application to the monitoring of soil heavy metal pollution. **Chemosphere** 90,2637–2644, 2013.

CALLISTO, M.; GONÇALVES Jr., J. F.; MORENO, P. **Invertebrados Aquáticos como Bioindicadores**. In: Goulart, E.M.A. (Eds). Navegando o Rio das Velhas das Minas aos Gerais. p. 555-567. 2005.

ESPÍNDOLA, Evaldo Luiz Gaeta et al. **Ecotoxicologia – Perspectivas para o Século XXI**. 1. ed. São Carlos: RiMa, 2000. 564 p

HAN Y., ZHU L., WANG J., WANG J., XIE H., ZHANG, S. Integrated assessment of oxidative stress and DNA damage in earthworms (*Eisenia fetida*) exposed to azoxystrobin. **Ecotoxicology and Environmental Safety** 107: 214–219; 2014.

HWANG H., GABRIEL FONSECA ALEGRE, SUELI IVONE BORRELY, MAUREA NICOLETTI FLYNN (2009). Avaliação de toxicidade em sedimentos do rio Juqueri (SP) com *Vibrio fischeri* e *Hyalella azteca*. **Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, vol.2, nº2, jun, 2009.

IZQUIERDO, M., QUEROL, X. Review article — leaching behavior of elements from coal combustion fly ash: an overview. **International Journal of Coal Geology**. 94, 54–66, 2012.

KLUMPP, A. Utilização de bioindicadores de poluição em condições temperadas e tropicais. In: MAIA, N.B.; MARTOS, H. L.; BARRELLA, W. (Org.). **Indicadores ambientais: conceitos e aplicações**. São Paulo: EDUC – Editora da PUC. p. 77-94. 2001.

LEVANDOWSKI, J. & KALKREUTH, W. Chemical and petrographical characterization of feed coal, fly ash and bottom ash from the Figueira Power Plant, Paraná, Brazil. **International Journal of Coal Geology** 77, p. 269-281, 2009.

LI M., LIU Z., XU Y., CUI Y., LI D., KONG Z. Comparative effects of Cd and Pb on biochemical response and DNA damage in the earthworm *Eisenia fetida* (Annelida, Oligochaeta). **Chemosphere** 74: 621–625, 2009.

LIMA, Josanidia Santana. **Bioindicação em Ecossistemas Terrestres**. Belo Horizonte: Instituto de Educação Tecnológica - IETEC, 2000 (publicação on-line). Disponível em: <[http://www.ietec.com.br/site/techoje/categoria/detalhe\\_artigo/173](http://www.ietec.com.br/site/techoje/categoria/detalhe_artigo/173)> Acesso em: 12 dez. 2008.

REINECKE, S.A., REINECKE, A.J. The Comet Assay as Biomarker of Heavy Metal Genotoxicity in Earthworms. **Arch. Environ. Contam. Toxicol.** 46, 208–215; 2004.

ROHDE, G.M.; ZWONOK, O.; CHIES, F.; SILVA, N.I.W. **Cinzas de Carvão Fóssil no Brasil – Aspectos Técnicos e Ambientais**. Porto Alegre: CIENTEC, v.1; 202p; 2006.

RÖMBKE J, BREURE AM, MULDER C, RUTGERS M. Legislation and ecological quality assessment of soil: implementation of ecological indication systems in Europe. **Ecotox Environ Safe**. 2005; 62:201-10.

WANG K; QI S.; MU X.; CHAI C; YANG Y; WANG D; LI D; CHE W; WANG C. Evaluation of the Toxicity, AChE Activity and DNA Damage Caused by Imidacloprid on Earthworms, *Eisenia fetida*. **Bull Environ Contam Toxicol** 95:475–480; 2015.

ZHANG W., LIU K., CHEN L., CHEN L., LIN K., FU R. A multi-biomarker risk assessment of the impact of brominated flame retardant-decabromodiphenylether (BDE209) on the antioxidant system of earthworm *Eisenia fetida*. **Environmental Toxicology and Pharmacology** 38: 297–304; 2014.

ZHENG, K.; LIU, Z. T.; LI, Y. J.; CUI, Y. B.; LI, M. Toxicological responses of earthworm (*Eisenia fetida*) exposed to metal-contaminated soils. **E**