

PROJETO BÁSICO AMBIENTAL – UHE SÃO MANOEL

Programa de Investigação de Contaminação do Solo por Mercúrio nas Áreas dos Futuros Segmentos Laterais do Reservatório

CONTROLE DE REVISÃO		
CÓDIGO	REVISÃO	DATA
P00.SM-012/14	00	30/01/2014
P00.SM-012/14	01	30/04/2014
P00.SM-012/14	02	08/10/2014

PROGRAMA DE INVESTIGAÇÃO DE CONTAMINAÇÃO DO SOLO POR MERCÚRIO NAS ÁREAS DOS FUTUROS SEGMENTOS LATERAIS DO RESERVATÓRIO

SUMÁRIO

12	PROGRAMA DE INVESTIGAÇÃO DE CONTAMINAÇÃO DO SOLO POR MERCÚRIO NAS ÁREAS DOS FUTUROS SEGMENTOS LATERAIS DO RESERVATÓRIO.....	1
12.1	Justificativa	1
12.2	Objetivos	3
12.3	Metas	3
12.4	Base Legal e Normativa	4
12.5	Área de Abrangência do Programa	4
12.6	Metodologia / Atividades a serem Desenvolvidas.....	9
12.6.1	Definição dos Pontos de Amostragem e Campanhas de Campo para Coletas	9
12.6.2	Análise Química do Solo	10
12.6.3	Interpretação dos Resultados.....	10
12.6.4	Proposição de Tratamento e Descarte de Rejeitos de Mercúrio	12
12.7	Indicadores	13
12.8	Produtos	13
12.9	Interface com Outros Planos e Programas.....	13
12.10	Parcerias Recomendadas	13
12.11	Equipe Técnica Envolvida	14
12.12	Referências Bibliográficas	14
12.13	Cronograma Físico.....	16

12 PROGRAMA DE INVESTIGAÇÃO DE CONTAMINAÇÃO DO SOLO POR MERCÚRIO NAS ÁREAS DOS FUTUROS SEGMENTOS LATERAIS DO RESERVATÓRIO

12.1 Justificativa

O Programa de Investigação de Contaminação do Solo por Mercúrio nas Áreas dos Futuros Segmentos Laterais do Reservatório foi elaborado com base no Estudo de Impacto Ambiental – EIA da UHE São Manoel (EPE/LEME-CONCREMAT, 2010) e nos Pareceres Técnicos PAR. 004510/2013 – COHID/IBAMA, de 02 de maio de 2013 e PAR. 007109/2013 – COHID/IBAMA, de 05 de novembro de 2013, que apresentam a análise técnica do EIA-RIMA e complementações advindas da análise do referido parecer e documentos entregues nas Audiências Públicas, com a finalidade de concluir sobre a viabilidade ambiental da UHE São Manoel.

O presente Programa atende às condicionantes 2.2 e 2.34 da Licença Prévia N° 473/2013, de 29 de novembro de 2013, e também à condicionante 2.2 da Licença de Instalação N° 1017/2014, de 14 de agosto de 2014, ao incorporar as recomendações técnicas presentes no Parecer 2478/2014 COHID/IBAMA, de 20 de junho de 2014.

Na quimiodinâmica global, que envolve o estudo de mecanismos de transporte e transformação de substâncias químicas liberadas por fontes naturais e/ou antrópicas para os compartimentos atmosfera, hidrosfera, biosfera e litosfera e suas interfaces, o ciclo do mercúrio tem se tornado uma das áreas mais interessantes e desafiantes. Um dos principais pontos que distingue o mercúrio dos outros metais é a sua capacidade de recirculação via atmosfera, podendo ser emitido ou reemitido, principalmente na sua forma gasosa elementar (Hg^0) (SCHROEDER; MUNTHER, 1998).

Devido a algumas de suas propriedades, tais como: baixa reatividade e baixa solubilidade em água, o mercúrio atmosférico apresenta tempo de residência na atmosfera da ordem de um ano, facilitando a sua distribuição e deposição numa escala global, razão pela qual foi desenvolvido o conceito de “poluente global” para esse elemento (SCHROEDER; MUNTHER, 1998). Na atmosfera, o mercúrio pode participar de vários processos e/ou interações de natureza química, física ou fotoquímica, facilitando sua transferência para os compartimentos aquáticos e terrestres (BISINOTI; JARDIM, 2004).

Os solos possuem elevada capacidade de reter e armazenar mercúrio devido ao forte acoplamento deste com o carbono presente. Nesse aspecto, vale ressaltar os solos argilosos que, segundo Rocha *et al.* (2000), apresentam aparentemente uma elevada capacidade de reter mercúrio, podendo acumulá-lo por muitos anos.

O processo de metilação do mercúrio tem merecido especial atenção em reservatórios naturais e artificiais devido à elevada toxicidade e bioacumulação desta forma orgânica na biota. A bioacumulação ocorre preferencialmente em áreas de remanso, lagos marginais e reservatórios artificiais devido à formação de microambientes críticos, que podem

funcionar como reatores naturais, maximizando o processo de metilação do mercúrio ou solubilizando outras substâncias tóxicas (AMORIM *et al.*, 2000; ROULET *et al.*, 2000).

As fontes naturais de mercúrio são caracterizadas pelas erupções vulcânicas, evaporação natural e minas, as quais são responsáveis por emissões de mercúrio da ordem de 2.700-6.000 toneladas/ano (CLARKSON *et al.*, 1988). As principais fontes antrópicas de mercúrio são relacionadas às atividades e produtos industriais como a combustão, entre outras (LIN *et al.*, 1999), sendo estimado que, após a revolução industrial, sua concentração na atmosfera aumentou em 4 vezes. Outro aspecto importante desta influência é o da emissão indireta, ou seja, a reemissão para a atmosfera do mercúrio de origem antrópica previamente depositada nos solos e águas superficiais (WALLSCHLAGER *et al.*, 2000). A produção biótica/abiótica de espécies voláteis do mercúrio formadas em ambientes aquáticos e, genericamente, classificadas como mercúrio dissolvido gasoso (MDG) resulta na supersaturação de águas superficiais que podem funcionar como fonte deste metal para atmosfera, remobilizando um eventual aporte, alimentando assim o ciclo global do metal.

Estimativas indicam que aproximadamente 2.000 toneladas/ano são introduzidas na atmosfera pela interface água/atmosfera, 4.000 toneladas/ano de fontes antrópicas e 1.000 toneladas/ano por emissões de fontes naturais terrestres (GARDFELDT *et al.*, 2001; LAMBORG *et al.*, 1999). Pressupõe-se que, das 200.000 toneladas de mercúrio emitidas para a atmosfera desde 1890, aproximadamente 95% permanecem no solo terrestre, 3% nas águas oceânicas superficiais e 2% na atmosfera (OSA, 1994).

Estudos em diversos reservatórios brasileiros, tanto no sudeste (Santana, Vigário e Lages) como na Amazônia (Tucuruí, Samuel e Balbina), têm demonstrado que, aparentemente, o mercúrio associado ao material particulado em suspensão, sedimentos e plânctons está especialmente em sua forma inorgânica no início dos reservatórios, sendo que há uma tendência de ocorrer um gradiente crescente da forma orgânica ao longo do tempo, atingindo maiores valores nas áreas mais profundas, próximo à barragem (LACERDA; MALM, 2008).

Estudos no reservatório de Tucuruí, na Amazônia, mostram que, à jusante da barragem, devido à alteração nos hábitos alimentares os peixes planctívoros passaram a ingerir um maior número de itens de origem animal. Consequentemente, foram observados teores de mercúrio no tecido muscular dos peixes planctívoros semelhantes a peixes carnívoros no topo de cadeia alimentar. Como resultado, toda cadeia alimentar à jusante apresentou maiores concentrações de mercúrio quando comparado à cadeia alimentar à montante (LACERDA; MALM, 2008).

A bacia do rio Teles Pires é abrangida por rochas sedimentares (arenitos, siltitos, argilitos), ígneas (granitos, granitóides, riodacitos, entre outras) e metamórficas (gnaisses). Esta expressiva variedade de tipos litológicos condiciona ambientes geológicos distintos propícios a mineralizações diversas.

Neste contexto, destacam-se as mineralizações auríferas da Província Mineral de Alta Floresta, situada no centro-norte do Estado do Mato Grosso. O ouro é o principal bem

mineral encontrado na bacia do rio Teles Pires. Depósitos auríferos secundários (aluviões e colúvios) e primários, comumente associados a veios de quartzo em zonas de cisalhamento, são encontrados na porção centro-norte da bacia, na região denominada Província Mineral de Alta Floresta. Esses jazimentos auríferos significam potencialidade de desenvolvimento para a região e também são motivos de fragilidade. De acordo com o EIA da UHE São Manoel, a exploração dos jazimentos secundários causou grande devastação do leito e margens das drenagens na região, incluindo a contaminação dos sedimentos por mercúrio (EPE/LEME-CONCREMAT, 2010).

O conhecimento ainda limitado sobre a dinâmica do mercúrio nas bacias tropicais aumenta a incerteza das análises quantitativas sobre o destino desse metal, com a expansão da atividade humana. A intoxicação por mercúrio é indicada como uma das doenças não transmissíveis mais envolvidas em impactos ambientais de projetos hidrelétricos. O fato é que, independentemente da fonte de contaminação, programas de monitoramento relacionados à dinâmica do mercúrio em reservatórios artificiais são de fundamental importância para o desenvolvimento do setor hidrelétrico com responsabilidade socioambiental.

12.2 Objetivos

O Programa de Investigação de Contaminação do Solo por Mercúrio nas Áreas dos Futuros Segmentos Laterais do Reservatório tem por objetivo realizar o monitoramento ambiental dos níveis de mercúrio no solo em segmentos laterais do futuro reservatório da UHE São Manoel antes do enchimento do reservatório, permitindo controle ambiental adequado durante a instalação do empreendimento.

Especificamente, os objetivos desse Programa são:

- Determinar um nível de referência dos níveis de mercúrio no solo da área de influência da UHE São Manoel, ao qual o monitoramento será balizado ao longo das campanhas;
- Averiguar a compatibilidade da condição de qualidade dos solos na área de influência do empreendimento, antes do enchimento do reservatório; e,
- Subsidiar a proposição de procedimentos para descontaminação do solo no Garimpo do Aragão, antes do enchimento do reservatório, caso seja identificada contaminação do solo por rejeitos de mercúrio na região.

12.3 Metas

As metas principais do Programa são as seguintes:

- Realização de coletas em 100% dos locais de amostragem definidos; e,

- Realização de quatro (04) coletas de solo por local de amostragem definido, em dois (02) anos de monitoramento.

12.4 Base Legal e Normativa

O Programa de Investigação de Contaminação do Solo por Mercúrio nas Áreas dos Futuros Segmentos Laterais do Reservatório será norteado por determinações da Legislação Brasileira (Portarias, Resoluções, Decretos, Instruções Normativas), descritas a seguir, sem prejuízo das demais aplicáveis ao monitoramento da qualidade e preservação ambiental.

Deverão ser observadas as diretrizes da Resolução CONAMA Nº 420/2009 que dispõe sobre as análises para caracterização e monitoramento da qualidade do solo e da água subterrânea. Esta resolução também estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas, em decorrência de atividades antrópicas. Os valores de referência para o mercúrio, são aqueles constantes na Tabela III do Anexo da Resolução CONAMA Nº 454/2014 (atendimento ao Parecer 2478/2014 COHID/IBAMA, de 20 de junho de 2014).

A Resolução Nº 129/2011 da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL sobre a reserva da seção do rio Teles Pires situada às coordenadas geográficas: 09º 11' 25" de Latitude Sul e 57º 03' 08" de Longitude Oeste, e a Lei Nº 12.334/10, que institui a Política Nacional de Segurança de Barragens, a qual determina que o empreendedor de acumulações de água para quaisquer usos será o responsável legal pela segurança da barragem, devendo desenvolver ações voltadas para esse objetivo também terão suas disposições observadas.

Já o Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas da CETESB (2001) regulamentará o planejamento da investigação confirmatória e identificação da contaminação, para posterior monitoramento e tomada de medidas de recuperação.

Verifica-se que a implementação do Presente programa está de acordo com o objetivo dos instrumentos normativos pertinentes ao tema, visando controlar e resguardar a qualidade do meio ambiente abrangido pela área de influência do empreendimento.

12.5 Área de Abrangência do Programa

O Programa de Investigação de Contaminação do Solo por Mercúrio nas Áreas dos Futuros Segmentos Laterais do Reservatório na área de influência da UHE São Manoel contempla pontos de coleta nas regiões que serão alagadas e estão adjacentes aos pontos de coleta nos principais braços e calha do rio Teles Pires (pontos a montante do eixo), priorizando a formação de possíveis transectos com a malha amostral do Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade de Água, e do Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas (**Quadro 12 - 1, Quadro 12 - 2 e Figura 12 - 1**).

Os locais preferencias de coleta de solo estão nos futuros segmentos laterais do reservatório dando-se preferência para locais de solos do tipo latossolos (Brabo *et al.* 2003) e argissolos, sempre que possível (atendimento ao Parecer 2478/2014 COHID/IBAMA, de 20 de junho de 2014).

Quadro 12 - 1 – Regiões preferenciais para instalação da rede de pontos de controle do nível e da qualidade da água subterrânea (PZ/PM) na área de influência do reservatório da UHE São Manoel

REGIÃO		CARACTERÍSTICAS
1	R1	Região localizada a aproximadamente 5 km do fim do remanso no futuro reservatório de São Manoel.
2	R2	Região localizada a aproximadamente 15 km do fim do remanso no futuro reservatório de São Manoel.
3	R3	Região localizada na região de garimpos ativos e desativados na área, inclusive o Garimpo do Aragão.
4	R4	Região localizada na área alagada na margem esquerda do rio Teles Pires, adjacente à “Lagoa dos Tucunarés”.
5	R5	Região localizada a aproximadamente 40 km do fim do remanso no futuro reservatório de São Manoel , na margem esquerda do rio Teles Pires.
6	R6	Região localizada a aproximadamente 40 km do fim do remanso no futuro reservatório de São Manoel , na margem direita do rio Teles Pires.
7	R7	Região localizada a aproximadamente 800 m a montante do eixo do futuro reservatório de São Manoel , na margem esquerda do rio Teles Pires.
8	R8	Região localizada a aproximadamente 1 km a montante do eixo do futuro reservatório de São Manoel , na margem direita do rio Teles Pires.
9	R9	Região do Grupo Beneficente (unidades de arenito), próxima à área do canteiro de obras da UHE São Manoel.

Quadro 12 - 2 – Malha amostral para coletas de qualidade da água, do sedimento e biota aquática (plâncton, bentos e macrófitas) na área de influência do reservatório da UHE São Manoel – pontos a montante do eixo

PONTO		COORDENADAS		CURSO D'ÁGUA	ÁREA	CARACTERÍSTICAS
		X	Y			
1	TP 01*	522815	8972609	rio Teles Pires	MONTANTE DO EIXO	Localizado a 6 km do fim do remanso no futuro reservatório da UHE São Manoel.
2	TP 02*	517283	8978300	rio Teles Pires		Localizado a 15 km do fim do remanso no futuro reservatório da UHE São Manoel.
3	TP 03*	502226	8979616	rio Teles Pires		Localizado a 30 km do fim do remanso no futuro reservatório da UHE São Manoel.
4	IG 01	501284	8975978	igarapé s/n		Localizado a 4 km da foz com o rio Teles Pires , num igarapé sem denominação, que cruza a estrada de ligação entre a MT206 e o campo do Aragão.
5	LG TUC 01*	500090	8978583	Lagoa dos Tucunarés		Localizado a 1,3 km da foz com o rio Teles Pires , na área alagada na margem esquerda do rio Teles Pires, conhecida como “Lagoa dos Tucunarés”.
6	TP 04	495044	8980900	rio Teles Pires		Localizado a 38 km do fim do remanso no futuro reservatório da UHE São Manoel ,

PONTO	COORDENADAS		CURSO D'ÁGUA	ÁREA	CARACTERÍSTICAS
	X	Y			
					no braço lateral da margem esquerda do rio Teles Pires.
7	TP 05*	494689	8983410	rio Teles Pires	Localizado a 43 km do fim do remanso no futuro reservatório da UHE São Manoel.
8	TP 06	495278	8984396	rio Teles Pires	Localizado a 40 km do fim do remanso no futuro reservatório da UHE São Manoel, no braço lateral da margem direita do rio Teles Pires (na área da enseadeira de primeira fase a montante).

* Pontos de coleta que também fazem parte da malha amostral do Programa de Monitoramento da Ictiofauna

Atividades desenvolvidas no ecossistema terrestre na área de influência direta do empreendimento, como a remoção de vegetação, de solo e de rochas que ocorrerão durante a implantação das estruturas físicas do barramento, podem contribuir com a mobilização de mercúrio para o ecossistema aquático. Neste sentido, serão consideradas além da rede de monitoramento dos Programas acima citados, regiões onde possíveis processos de mobilização possam acontecer. Dessa forma, serão também investigadas amostras de solos coletadas em áreas de maior instabilidade de encostas no entorno do reservatório (identificadas no Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos) e em áreas que serão permanentemente alagadas e sujeitas à supressão vegetal, a fim de se avaliar a possível contribuição dessas atividades na disponibilização difusa de mercúrio para a bacia do rio. Como está previsto o desmatamento total dos segmentos laterais 07, 11 e 13 do reservatório (atendimento à condicionante 2.25 (a) da Licença Prévia N° 473/2013, de 29 de novembro de 2013), no âmbito do Programa de Desmatamento e Limpeza do Reservatório, amostras destas áreas serão avaliadas quanto à contaminação de mercúrio.

Ressalta-se também que serão avaliadas as frentes de garimpo identificadas no Programa de Monitoramento da Atividade Garimpeira em relação aos métodos de lavra e de controle ambiental utilizados.

Em resumo, os pontos de coleta de amostras serão localizados em quatro tipos de áreas: 1) áreas que serão alagadas e estão adjacentes aos pontos de coleta de água superficial e subterrânea (nove locais de amostragem em segmentos laterais do futuro reservatório nas regiões R1, R2, R4, R5, R6, R7 e R8 e em segmentos laterais adjacentes aos pontos TP03 e IG 01); 2) áreas em frentes de garimpo (três locais de amostragem na região R3, além de outros locais possíveis de serem indicados no âmbito do Programa de Monitoramento da Atividade Garimpeira); 3) áreas nos três segmentos laterais do reservatório sujeitos ao desmatamento total; e, 4) áreas de encostas instáveis no entorno do reservatório (a serem indicadas no âmbito do Programa de Monitoramento da Estabilidade das Encostas Marginais Sujeitas a Processos Erosivos).

Os pontos de coleta serão definidos em campo e georreferenciados com aparelho de receptor de GPS - Sistema de Posicionamento Global. A construção de mapas base para

trabalhos de campo será a partir dos programas Arcview 3.2 e Arcgis 9.0. Os parâmetros adotados para georeferenciamento dos pontos de coleta serão: Sistemas de Coordenadas Geográficas e *Datum* Horizontal oficial adotado pelo IBGE: SAD 69 (*South America Datum* 1969).

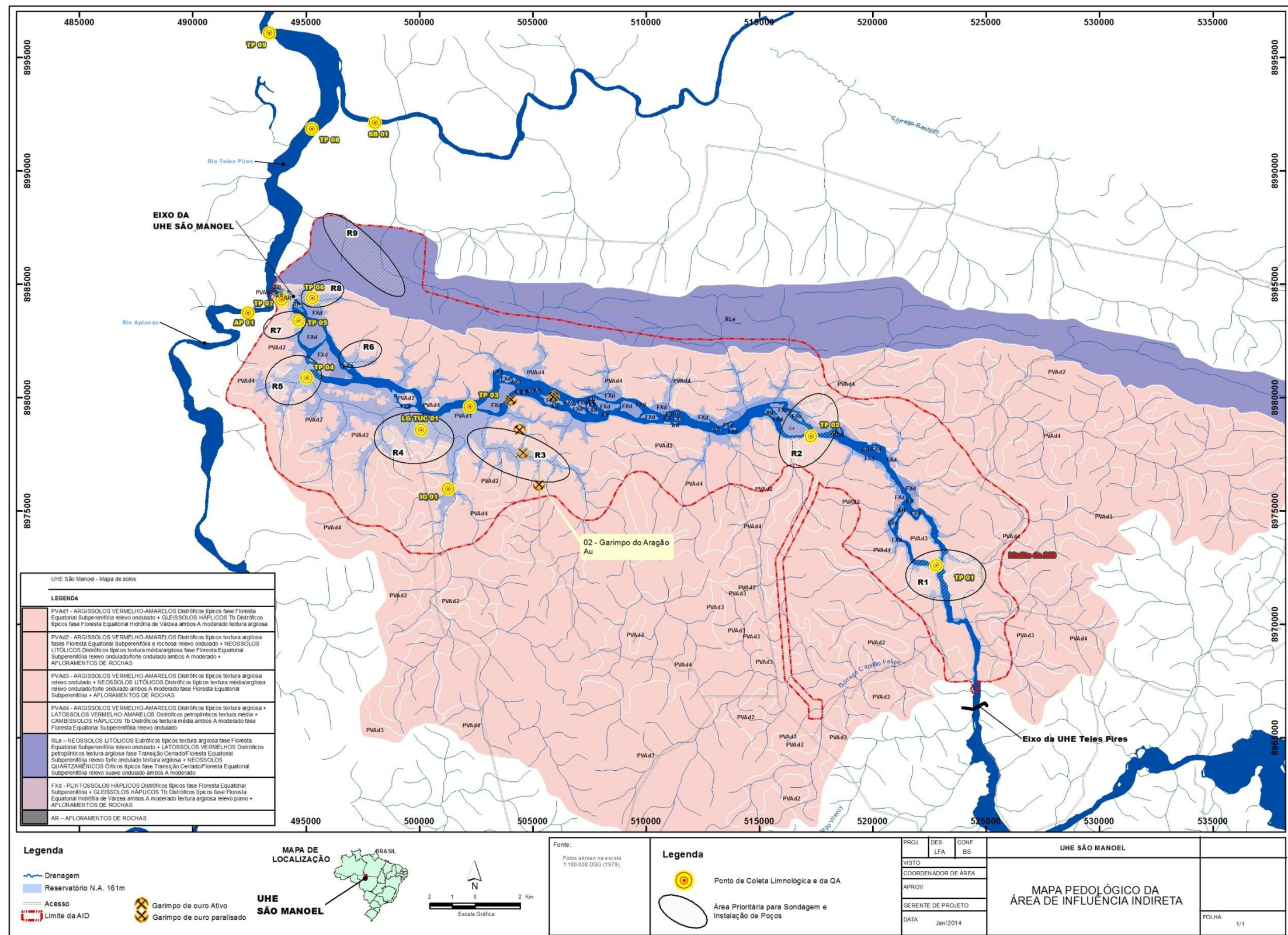


Figura 12 - 1 – Mapa pedológico com a localização das regiões preferenciais para instalação de piezômetros simples e poços de monitoramento na área de influência do reservatório da UHE São Manoel, Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas. A malha amostral do Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade de Água também está mostrada.

12.6 Metodologia / Atividades a serem Desenvolvidas

Para a avaliação dos níveis de mercúrio no solo da Área de Influência Direta (AID) do empreendimento, o presente Programa avaliará gradientes temporais e espaciais na área de monitoramento.

Para tanto, estão previstas as seguintes atividades: definição prévia da localização dos pontos de coleta; realização das campanhas de campo para coletas de amostras; análises químicas do solo; interpretação dos resultados; e, proposição de tratamento e descarte de rejeitos de mercúrio.

12.6.1 Definição dos Pontos de Amostragem e Campanhas de Campo para Coletas

Os solos serão coletados próximos às margens dos tributários, braços e calha do rio Teles Pires, considerando os seguintes aspectos: áreas que formarão os futuros segmentos laterais do reservatório, área de impacto direto e indireto causados pelo alagamento, gradientes topográficos e diferentes unidades pedológicas, áreas próximas a atividades antrópicas, áreas de sedimentação natural do rio Teles Pires e em seus afluentes, áreas de possíveis atividades garimpeiras e áreas próximas onde foi realizada supressão vegetal e movimentação de solos e rochas. As variações do nível hidrológico determinam o pulso sazonal de inundação, que, por sua vez, promove um ciclo de carregamento de sedimentos e nutrientes pelo canal do rio. Desta forma, durante a fase de instalação, serão monitorados principalmente os solos das futuras áreas de alagamento permanente, levando em consideração a evolução histórica do uso e ocupação pretérita do solo para posterior verificação de atividades que podem vir a contribuir com o aporte de mercúrio total no sedimento nas fases de enchimento e pós-enchimento do reservatório da UHE São Manoel.

Como mencionado acima, foi previsto, um total de 12 locais de amostragem em solos de regiões adjacentes aos pontos de coleta de água superficial e subterrânea (nove locais de amostragem em segmentos laterais do futuro reservatório nas regiões R1, R2, R4, R5, R6, R7 e R8 e em segmentos laterais adjacentes aos pontos TP03 e IG 01) e de frentes de garimpo (três locais de amostragem na região R3). Já nos três segmentos laterais do reservatório sujeitos ao desmatamento total, três locais por segmento devem ser escolhidos para a amostragem de solo, totalizando mais nove locais de amostragem em solos. Desta forma, a princípio, serão analisadas 21 amostras de solo por campanha (com exceção dos locais em encostas e outras frentes de garimpo, ainda não definidos, mas que serão incluídos nesta malha amostral caso seja definida pertinência de avaliação). Assim que definidos os pontos da malha amostral, um mapa de localização será elaborado e suas coordenadas geográficas disponibilizadas ao órgão ambiental (atendimento ao Parecer 2478/2014 COHID/IBAMA, de 20 de junho de 2014).

As amostras serão previamente preparadas e armazenadas no campo, sendo posteriormente encaminhadas para a determinação dos níveis de mercúrio total em laboratórios de referência nacional em estudos de mercúrio. As coletas de solos serão feitas na faixa de superfície a 20 cm de profundidade. Após a coleta, as amostras serão

acondicionadas em sacos de polietileno e mantidas a +5 °C até o momento do procedimento analítico.

A periodicidade da coleta de amostras de solo será semestral (períodos hidrológicos de enchente e vazante, pela característica inerente a esses períodos de deposição de solo advindos de outros locais), totalizando quatro campanhas antes do enchimento do reservatório (atendimento ao Parecer 2478/2014 COHID/IBAMA, de 20 de junho de 2014). As campanhas de campo ocorrerão concomitantemente com o Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade de Água e com o Programa de Monitoramento das Águas Subterrâneas, possibilitando os estudos da dinâmica do mercúrio associada às matrizes abióticas da água superficial e do sedimento de fundo.

Ressalta-se que será conduzido monitoramento de mercúrio em amostras de água superficial e sedimentos na área do futuro reservatório por toda vida útil do empreendimento: a princípio, em seis pontos do rio Teles Pires, um ponto na Lagoa dos Tucunarés e um ponto num tributário da margem esquerda do rio Teles Pires, parte do Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade de Água que será executado durante as fases de instalação, enchimento e operação da UHE São Manoel. Dessa forma, dados de mercúrio nas áreas alagadas serão continuamente monitorados no âmbito do PBA.

12.6.2 Análise Química do Solo

No laboratório, as amostras serão inicialmente homogeneizadas a úmido nos próprios sacos de polietileno utilizados em campo, através da aplicação de água ultrapura (Milli-Q, Milipore) sendo posteriormente secas e peneiradas na fração <200 mesh (<74 µm), considerada a mais ativa fisicamente em processos de adsorção.

Em seguida, a fração fina do solo será transferida para gral de porcelana e será seca em estufa a temperatura inferior a 50 °C. Após secagem, maceração e digestão da amostra segundo procedimento EPA 3050b, procede-se a determinação dos teores de mercúrio total por espectrofotometria de absorção atômica acoplada ao gerador de vapor frio (CVAAS), cujo limite de detecção é 0,01 – 1 ng g⁻¹.

12.6.3 Interpretação dos Resultados

Banco de Dados e Georreferenciamento das Informações

O monitoramento de mercúrio total no solo da área de influência do empreendimento, na fase de instalação do reservatório da UHE São Manoel, possibilitará a formação de banco de dados composto por campanhas de campo referentes aos níveis basais de mercúrio, na área de interesse, antes do enchimento do reservatório.

Este importante banco de dados regional possibilitará informações para o balizamento do presente Programa para o controle ambiental durante a fase de enchimento do reservatório da UHE São Manoel e às reais influências da instalação do empreendimento no ciclo hidrobiogeoquímico regional do mercúrio.

Todas as informações geradas no monitoramento serão compiladas e inseridas no banco de dados relacional. Esse Banco de Dados será capacitado para armazenar dados, de modo a facilitar o acesso aos dados obtidos pelo monitoramento.

A base desse banco de dados constitui-se nos pontos amostrais georreferenciados, sobre uma base física, considerando as características planialtimétricas, edáficas, hidrológicas e climáticas. A partir desse banco de dados será possível padronizar as informações entre os diferentes locais de monitoramento e facilitar as análises estatísticas.

Análise Estatística dos dados

Inicialmente, será realizada uma análise exploratória de dados constituindo, basicamente, em resumir e organizar os dados coletados através de tabelas, gráficos ou medidas numéricas, e, a partir dos dados resumidos, procurar alguma regularidade ou padrão nas observações que permitam fazer interpretações iniciais nos dados coletados. A partir dessa interpretação inicial, é possível identificar se os dados seguem algum modelo conhecido, que permita estudar o fenômeno sob análise, ou, se é necessário, sugerir um novo modelo.

A análise dos resultados compreenderá a aplicação de testes estatísticos univariados e multivariados para comparações pareadas e estudos de correlação. A análise estatística será feita atentando-se para prerrogativas da análise como a normalidade dos dados. Considerando que o número de amostras serão inferiores ao número de variáveis analisadas ($n - p < 30$), será necessário avaliar a normalidade multivariada dos dados (JOHNSON; WICHERN, 1998). O teste de Shapiro-Wilk será utilizado para verificar a normalidade dos dados seguidos e da aplicação do teste-t e análise de variância para averiguar diferenças espaciais e temporais significativas em nível de 95% de confiança.

Análises multivariadas serão empregadas para explorar as informações obtidas no banco de dados, a fim de reduzir o volume de informações a serem interpretadas, testar as hipóteses levantadas com base nas matrizes bióticas e abióticas evidenciadas, e para se obter as listagens de informações indicadoras de cada grupo.

Serão utilizados métodos de classificação e ordenação, presentes no programa PC-ORD (MCCUNE; MEFFORD, 1999). O uso das duas técnicas é recomendado em razão de um método complementar o outro, pois, se houver formação dos mesmos grupos nos dois métodos, eles serão considerados como realmente consistentes. A análise univariada não inclui as correlações entre as múltiplas variáveis avaliadas. Entretanto, a análise fatorial por técnica de Monte Carlo (considera as incertezas nos cálculos das cargas fatoriais), por componentes principais e por método da máxima verossimilhança será aplicada de acordo com as características do conjunto de dados a ser analisado. As cargas fatoriais serão importantes na determinação de grupos com características semelhantes e na redução do número de variáveis a serem aplicadas, assim como na identificação de possíveis fontes ambientais. Os valores dos fatores obtidos a partir das

cargas fatoriais calculadas serão utilizados na produção de mapas e testes estatísticos aplicados a esses resultados na tentativa de facilitar a discussão.

Os dados obtidos serão analisados por testes univariantes para a determinação de possíveis diferenças espaciais e temporais. Para tal, serão feitos testes de médias e variâncias para se fazer inferências sobre os dados coletados bem como dos testes utilizados.

12.6.4 Proposição de Tratamento e Descarte de Rejeitos de Mercúrio

De acordo com a condicionante 2.34 da Licença Prévia N° 473/2013, de 29 de novembro de 2013, o Programa de Investigação de Contaminação do Solo por Mercúrio nas Áreas dos Futuros Segmentos Laterais do Reservatório intensificará o monitoramento na região do Garimpo do Aragão (Área 2 – EIA UHE São Manoel e Região R3 neste PBA no âmbito deste Programa), desenvolvendo-se estudo específico para avaliação do estoque químico e do potencial de solubilização do mercúrio em perfis de solo (superficial, 10, 20, 40, 80 e 160 cm), antes do enchimento do reservatório. A malha amostral será definida apenas após a caracterização ambiental detalhada da área, associada aos resultados do primeiro ano de coletas deste Programa (duas primeiras coletas semestrais).

Os procedimentos de campo e laboratoriais seguirão as normas brasileiras ABNT NBR 10007 (amostragem de resíduos sólidos), ABNT NBR 10006 (procedimentos para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos) e ABNT NBR 10004 (resíduos sólidos – classificação) permitindo assim caracterizar as amostras e avaliar o potencial de solubilização deste metal no solo após o enchimento do reservatório. Os estudos do estoque químico e do potencial de solubilização permitirá a avaliação da necessidade, extensão e orientação de possíveis procedimentos de descontaminação do solo da região do Garimpo do Aragão.

A maioria dos processos de tratamento de resíduos de compostos contendo mercúrio descritos na literatura baseia-se na simples transferência de fase deste metal, para que se possa proceder a disposição final, o que ratifica a importância de alternativas que visem o reuso e reciclo.

O tratamento clássico de precipitação com sulfeto é amplamente utilizado, mas novas técnicas vêm sendo estudadas, como a fotorredução catalítica, a amalgamação com selênio e a redução eletrolítica. A dessorção térmica e a complexação com diversos complexantes vêm sendo aplicadas não só para a remediação de solos, mas também para o tratamento de resíduos contendo compostos de mercúrio. A disposição final em aterros ou encapsulamento por cimentação são largamente aplicadas, entretanto em algumas situações o encapsulamento por vitrificação pode ser mais recomendado. A lavagem de solo com agentes sequestrantes e biodegradáveis tem sido uma tecnologia cujo uso vem crescendo, tendo em vista sua eficácia e baixo custo quando comparada com outras tecnologias mais estabelecidas.

Neste contexto, somente após a avaliação preliminar de uma possível contaminação por mercúrio na área, a qual permitirá à delimitação da área contaminada (em caso positivo),

a caracterização da fonte ativa, a cubagem dos resíduos, entre outros parâmetros operacionais, será possível definir a melhor estratégia para o tratamento e disposição de rejeitos de mercúrio em conformidade com as metodologias descritas na literatura e aplicadas em vários estudos de casos de contaminação por mercúrio.

12.7 Indicadores

Para o presente Programa, o indicador de desempenho será medido pelo:

- Número de locais de amostragem coletados; e,
- Número de coletas de solo.

12.8 Produtos

A análise e interpretação dos dados e resultados obtidos pelo monitoramento dos níveis de mercúrio ao longo do Programa de Investigação de Contaminação do Solo por Mercúrio nas Áreas dos Futuros Segmentos Laterais do Reservatório serão apresentados para avaliação do órgão ambiental (IBAMA) na forma de relatórios com frequência semestral. Para estes relatórios semestrais, deverá ser enfatizado se os objetivos do referido Programa estão sendo devidamente desenvolvidos e atendidos.

Após definição da malha amostral, um mapa de localização será elaborado e suas coordenadas geográficas disponibilizadas ao órgão ambiental (atendimento ao Parecer 2478/2014 COHID/IBAMA, de 20 de junho de 2014). A proposição de tratamento e descarte de rejeitos de mercúrio será entregue um ano antes do enchimento do reservatório ao órgão ambiental para ser avaliado e subsidiar a execução de ações de controle e monitoramento no caso de existirem áreas confirmadamente contaminadas.

12.9 Interface com Outros Planos e Programas

A análise técnica dos resultados ambientais do Programa de Investigação de Contaminação do Solo por Mercúrio nas Áreas dos Futuros Segmentos Laterais do Reservatório será realizada de forma sistêmica englobando dados do Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico, Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade de Água e Programa de Monitoramento da Atividade Garimpeira.

12.10 Parcerias Recomendadas

As parcerias recomendadas contemplam a formação de uma rede de pesquisadores das instituições de ensino superior (Universidade Federal do Mato Grosso, Universidade do Estado do Mato Grosso e Universidade Federal do Pará) e de pesquisa (Instituto

Nacional de Pesquisa da Amazônia e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), entre outros, com experiência em estudos de hidrogeoquímica na região Amazônica.

12.11 Equipe Técnica Envolvida

A equipe técnica deverá ser alocada por empresa especializada na realização das ações previstas, e deve ser formada por hidrogeoquímicos e/ou químicos e técnicos.

12.12 Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2004) NBR 10004 – Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2004) NBR 10006 – Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2004) NBR 10007 – Amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro.

AMORIM, M. I. M.; MERGLER, D.; BAHIA, M. O.; DUBEAU, H.; MIRANDA, D. C.; LEBEL, J.; BURBANO, R. R.; LUCOTTE, M. (2000) Cytogenetic Damage Related to Low Levels of Methyl Mercury Contamination in the Brazilian Amazon. *Anais Acad. Bras. Ciências*, 72: 497-507.

BISINOTI, M. C.; JARDIM, W. F. (2004) Behavior of methylmercury in the environment. *Quimica Nova* 27: 593-600.

BISINOTI, M. C.; SARGENTINI J. R. E.; JARDIM, W. F. (2007) Seasonal behavior of Mercury in Waters and sediments from de Negro River basin, Amazon, Brazil. *J. Braz. Chem. Soc.* 18: 544–553.

BRABO, E. S.; ANGÉLICA, R. S.; SILVA, A. P.; FAIAL, K. R. F.; MARCARENHAS, A. F. S.; SANTOS, E. C. O.; JESUS, I. M.; LOUREIRO, E. C. B. (2003) Assessment of Mercury levels in soils, waters, bottom sediments and fishes of Acre state in Brazilian Amazon. *Water, Air, and Soil Pollution* 147: 61-77.

BRASIL. (2010) Lei Nº 12.334 de 20 de setembro de 2010 que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4º da Lei Nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Brasília.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. (2011) RESOLUÇÃO Nº 129 – Dispõe sobre a reserva da seção do rio Teles Pires, Brasília. Brasília, 5 p.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. (2009) RESOLUÇÃO CONAMA Nº 420 - Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Brasília, 15 p.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. (2012) RESOLUÇÃO CONAMA Nº 454 - Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências. Brasília, 11 p.

CETESB/ANA. (2011) Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos. 326p.

CLARKSON, T. W.; FRIBERG, L.; HURSH, J. B.; NYLANDER, M. (1988) The prediction of intake of mercury vapour from amalgams. In: Clarkson, T.W., Friberg, L., Nordberg, G. F.; Sager, P.R., eds. Biological monitoring of toxic metals. Plenum Press, New York, 18 p.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE (2010) Estudo de Impacto Ambiental da Usina São Manoel.

ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY. (2001) Mercury update: impact on fish advisories. New York, 6 p.

GARDFELDT, K.; FENG, X.; SOMMAR, J.; LINDQVIST, O. (2001) Total gaseous mercury exchange between air and water at river and sea surfaces in Swedish coastal regions. Atmos. Environ. 35: 3027-3038.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. (1998) Applied Multivariate Statistical Analysis. Upper Saddle River: Prentice Hall, New York. 662 p.

LACERDA, L. D.; MALM, O. (2008) Contaminação por mercúrio em ecossistemas aquáticos: uma análise das áreas críticas. Estudos Avançados, 22: 173-190.

LAMBORG, C. H.; ROLFUS, K. R.; FITZGERALD, W. F.; KIM, G. (1999) The atmospheric cycling and air-sea exchange of mercury species in the South and equatorial Atlantic Ocean. Deep Sea Res. 46: 957-977.

LIN, C. J.; PEHKONEN, S. O. (1999) The chemistry of atmospheric mercury: a review. Atm. Environ. 33: 2067-2079.

McCUNNE, B.; MEFFORD, M. J. (1999) Multivariate analysis of ecological data, version 4.0. Mjm.software designs, Oregon.

OSA, R. H. Ed. (1994) Mercury Atmospheric Processes: A Synthesis Report. Workshop Proceedings Tampa, Flórida, 4 p.

ROCHA, J. C.; SARGENTINI JÚNIOR, É.; ZARA, L. F.; ROSA, A. H.; SANTOS, A.; BURBA, P. (2000) Reduction of mercury(II) by tropical river humic substances (Rio Negro) - A possible process of the mercury cycle in Brazil. Talanta 53: 551-556.

ROULET, M.; LUCOTTE, M.; GUIMARÃES, J. R. D.; RHEAULT, I. (2000) Methylmercury in water, seston and epiphyton of an Amazonian river and its floodplain, Tapajós river, Brazil. The Sci. Total Environ. 261: 43-48.

SCHROEDER, W.H.; MUNTKE, J. (1998) Atmospheric mercury – An overview. Atmos. Environ. 32: 809-822.

WALLSCHLÄGER, D.; KOCK, H. H.; SCHROEDER, W. H.; LINDBERG, S. E.; EBINGHAUS, R.; WILKEN, R. D. (2000) Mechanism and significance of mercury volatilization from contaminated floodplains of the German river Elbe. Atmos. Environ. 34: 3745–3755.

12.13 Cronograma Físico

As atividades do Programa de Investigação de Contaminação do Solo por Mercúrio nas Áreas dos Futuros Segmentos Laterais do Reservatório da UHE São Manoel estão indicadas no cronograma físico a seguir.

