



Usina Hidrelétrica Jirau

7º RELATÓRIO SEMESTRAL

Solicitação de Renovação da Licença de Operação

nº 1097 / 2012

Programa de Monitoramento do Lençol Freático

EMPRESA: ESTRATÉGIA GEOLOGIA E MEIO AMBIENTE

PERÍODO DAS ATIVIDADES: 01/11/15 A 31/03/2016

RESPONSÁVEL DA CONTRATADA: MARCELOVILLELA DA COSTA BRAGA

RESPONSÁVEL DA ESBR: VERÍSSIMO ALVES DOS SANTOS NETO





SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO	9
2 ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS	9
3 ATENDIMENTO ÀS METAS	10
4 ATIVIDADES REALIZADAS NO SEMESTRE	12
4.1 LEVANTAMENTO DOS DADOS METEOROLÓGICOS	13
4.2 LEVANTAMENTO DOS DADOS HIDROLÓGICOS	14
4.3 MANUTENÇÃO DOS PIEZÔMETROS	14
4.4 CAMPANHA DE MONITORAMENTO DO LENÇOL FREÁTICO	18
4.5 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA	20
4.6 ANÁLISE E PROCESSAMENTO DE DADOS DOS MEDIDORES	25
5 RESULTADOS CONSOLIDADOS DO PERÍODO DA LO Nº 1097/2012	25
5.1 DADOS METEOROLÓGICOS	26
5.2 DADOS HIDROLÓGICOS	30
5.3 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA	31
5.4 MONITORAMENTO DO LENÇOL FREÁTICO	33
6 INDICADORES	51
7 INTERFACES	52
8 ATENDIMENTO AO CRONOGRAMA	54
9 CONCLUSÕES E PROPOSTAS PARA A FASE PÓS-RENOVAÇÃO DA LO	55
9.1 PROPOSTA DE CRONOGRAMA PARA A FASE PÓS-RENOVAÇÃO DA LO	60
10 EQUIPE TÉCNICA	61
11 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61



LISTA DE ANEXOS

Anexo I – Laudos Analíticos

Anexo II – Gráficos de Profundidade do Freático e Carga Hidráulica dos Poços de Monitoramento



LISTA DE FIGURAS

FIGURA 4-1 – GRÁFICO COMPARATIVO ENTRE AS ESTAÇÕES DE JIRAU E EXTREMA, ENTRE NOVEMBRO DE 2015 E MARÇO DE 2016.	13
FIGURA 4-2 – GRÁFICO COMPARATIVO ENTRE A COTA DO NÍVEL D'ÁGUA DO RIO MADEIRA NO PERÍODO DE NOVEMBRO/2015 A MARÇO/2016, NAS ESTAÇÕES DE BANANAL E ABUNÃ.	14
FIGURA 4-5 – PERFIL CONSTRUTIVO DE POÇO DE MONITORAMENTO CONFORME A NORMA NBR 15.495- 1 DE 2007 E NBR 15495-2 DE 2008 DA ABNT.	15
FIGURA 5-1 – PRECIPITAÇÃO TOTAL REGISTRADA NA ESTAÇÃO DE JIRAU NO PERÍODO JUNHO DE 2011 A MARÇO DE 2016.	27
FIGURA 5-2 – PRECIPITAÇÃO TOTAL REGISTRADA NA ESTAÇÃO DE JIRAU NO PERÍODO JUNHO DE 2011 A MARÇO DE 2016.	28
FIGURA 5-3 – PRECIPITAÇÃO TOTAL ACUMULADA REGISTRADAS NAS ESTAÇÕES DE JIRAU E EXTREMA NO PERÍODO DE JUNHO DE 2011 A MARÇO DE 2016.	28
FIGURA 5-4 – PRECIPITAÇÃO TOTAL ACUMULADA PARA O PERÍODO CHUVOSO, REGISTRADA NAS ESTAÇÕES DE JIRAU E EXTREMA.	29
FIGURA 5-5 – PRECIPITAÇÃO TOTAL ACUMULADA PARA O PERÍODO CHUVOSO, REGISTRADA NAS ESTAÇÕES DE JIRAU E EXTREMA.	30
FIGURA 5-6 – GRÁFICO COMPARATIVO ENTRE A COTA DO NÍVEL D'ÁGUA DO RIO MADEIRA NO PERÍODO DE SETEMBRO/2011 A MARÇO/2016, NAS ESTAÇÕES DE BANANAL E ABUNÃ.	31
FIGURA 5-7 – FIGURA ESQUEMÁTICA, MOSTRANDO A DINÂMICA DO AQUÍFERO FREÁTICO.	34
FIGURA 5-8 – FIGURA ESQUEMÁTICA, MOSTRANDO AS ALTERAÇÕES NA DINÂMICA DO AQUÍFERO FREÁTICO, DEVIDO À ELEVAÇÃO DO NÍVEL DE BASE, DEVIDO A FORMAÇÃO DE RESERVATÓRIO.	35
FIGURA 5-9 – GRÁFICO MOSTRANDO A VARIAÇÃO SAZONAL DO NÍVEL FREÁTICO NO PM-35, PARA OS PERÍODOS SAZONAIS DE JUN/11-MAI/12, JUN/12-MAI/13, JUN/13-MAI/14, E JUN/14-MAI/15.	37



FIGURA 5-10 – GRÁFICO MOSTRANDO A VARIAÇÃO SAZONAL DO NÍVEL FREÁTICO NO PM-45, PARA OS PERÍODOS SAZONAIS DE JUN/11-MAI/12, JUN/12-MAI/13, JUN/13-MAI/14, E JUN/14-MAI/15.	38
FIGURA 5-11 – GRÁFICO MOSTRANDO A VARIAÇÃO SAZONAL DO NÍVEL FREÁTICO NO PM-42, PARA OS PERÍODOS SAZONAIS DE JUN/11-MAI/12, JUN/12-MAI/13, JUN/13-MAI/14, E JUN/14-MAI/15.	39
FIGURA 5-12 – GRÁFICO MOSTRANDO A VARIAÇÃO SAZONAL DO NÍVEL FREÁTICO NO PM-43, PARA OS PERÍODOS SAZONAIS DE JUN/11-MAI/12, JUN/12-MAI/13, JUN/13-MAI/14, E JUN/14-MAI/15.	40
FIGURA 5-13 – GRÁFICO MOSTRANDO A VARIAÇÃO SAZONAL DO NÍVEL FREÁTICO NO PM-33, PARA OS PERÍODOS SAZONAIS DE JUN/11-MAI/12, JUN/12-MAI/13, JUN/13-MAI/14, JUN/14-MAI/15, E JUN/15-MAI/16.	41
FIGURA 5-14 – GRÁFICO MOSTRANDO A VARIAÇÃO SAZONAL DO NÍVEL FREÁTICO NO PM-41, PARA OS PERÍODOS SAZONAIS DE JUN/11-MAI/12, JUN/12-MAI/13, JUN/13-MAI/14, JUN/14-MAI/15, E JUN/15-MAI/16.	42
FIGURA 5-15 – GRÁFICO MOSTRANDO A VARIAÇÃO SAZONAL DO NÍVEL FREÁTICO NO PM-38, PARA OS PERÍODOS SAZONAIS DE JUN/11-MAI/12, JUN/12-MAI/13, JUN/13-MAI/14, JUN/14-MAI/15, E JUN/15-MAI/16.	43
FIGURA 5-16 – GRÁFICO MOSTRANDO A VARIAÇÃO SAZONAL DO NÍVEL FREÁTICO NO PM-25, PARA OS PERÍODOS SAZONAIS DE JUN/11-MAI/12, JUN/12-MAI/13, JUN/13-MAI/14, JUN/14-MAI/15, E JUN/15-MAI/16.	44
FIGURA 5-17 – GRÁFICO MOSTRANDO A VARIAÇÃO SAZONAL DO NÍVEL FREÁTICO NO PM-20, PARA OS PERÍODOS SAZONAIS DE JUN/11-MAI/12, JUN/12-MAI/13, JUN/13-MAI/14, JUN/14-MAI/15, E JUN/15-MAI/16.	44
FIGURA 5-18 – GRÁFICO MOSTRANDO A VARIAÇÃO SAZONAL DO NÍVEL FREÁTICO NO PM-09, PARA OS PERÍODOS SAZONAIS DE JUN/11-MAI/12, JUN/12-MAI/13, JUN/13-MAI/14, E JUN/14-MAI/15.	45

FIGURA 5-19 – GRÁFICO MOSTRANDO A VARIAÇÃO SAZONAL DO NÍVEL FREÁTICO NO PM-11, PARA OS PERÍODOS SAZONAIS DE JUN/11-MAI/12, JUN/12-MAI/13, JUN/13-MAI/14, JUN/14-MAI/15, E JUN/15-MAI/16.	46
FIGURA 5-20 – GRÁFICO MOSTRANDO A VARIAÇÃO SAZONAL DO NÍVEL FREÁTICO NO PM-07, PARA OS PERÍODOS SAZONAIS DE JUN/11-MAI/12, JUN/12-MAI/13, JUN/13-MAI/14, JUN/14-MAI/15, E JUN/15-MAI/16.	47
FIGURA 5-21 – GRÁFICO MOSTRANDO A VARIAÇÃO SAZONAL DO NÍVEL FREÁTICO NO PM-05, PARA OS PERÍODOS SAZONAIS DE JUN/11-MAI/12, JUN/12-MAI/13, JUN/13-MAI/14, JUN/14-MAI/15, E JUN/15-MAI/16.	48
FIGURA 5-22 – GRÁFICO MOSTRANDO A VARIAÇÃO SAZONAL DO NÍVEL FREÁTICO NO PM-01, PARA OS PERÍODOS SAZONAIS DE JUN/11-MAI/12, JUN/12-MAI/13, JUN/13-MAI/14, JUN/14-MAI/15, E JUN/15-MAI/16.	49
FIGURA 5-23 – GRÁFICO MOSTRANDO A VARIAÇÃO SAZONAL DO NÍVEL FREÁTICO NO PM-04, PARA OS PERÍODOS SAZONAIS DE JUN/11-MAI/12, JUN/12-MAI/13, JUN/13-MAI/14, E JUN/14-MAI/15.	50
FIGURA 9-1 – REDE DE MONITORAMENTO ATUAL.	57
FIGURA 9-2 – REDE DE MONITORAMENTO PROPOSTA PARA A FASE DE PÓS RENOVAÇÃO DA LO.	58

LISTA DE FOTOS

FOTO 4-1 – DETALHE DO TUBO DE PVC GEOMECÂNICO (REVESTIMENTO).....	16
FOTO 4-2 – DETALHE FILTRO DE PVC GEOMECÂNICO.....	16
FOTO 4-3 – DETALHE FILTRO PVC GEOMECÂNICO COM TAMPA ROSQUEÁVEL DE PVC.....	17
FOTO 4-4 – DETALHE DO “CAP” DE PRESSÃO, UTILIZADO PARA VEDAR O PIEZÔMETRO.....	17
FOTO 4-5 – DETALHE DA SONDAGEM A TRADO PARA INSTALAÇÃO DE POÇO DE MONITORAMENTO.....	17
FOTO 4-6 – PROCEDIMENTO DE PREENCHIMENTO COM PRÉ-FILTRO (CASCALHO).....	17
FOTO 4-7 – PROCEDIMENTO DE PREENCHIMENTO COM SELO DE BENTONITA.....	17

FOTO 4-8 – DETALHE DA CONSTRUÇÃO DO ACABAMENTO FINAL DO POÇO.....	17
FOTO 4-9 – PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO DO NA COM RÉGUA GRADUADA REALIZADO NO PZ-02.	18
FOTO 4-10 – PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO DO NA COM RÉGUA GRADUADA REALIZADO NO PZ-13.	18
FOTO 4-11 – PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO DO NA COM RÉGUA GRADUADA REALIZADO NO PZ-27.	18
FOTO 4-12 – PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO DO NA COM RÉGUA GRADUADA REALIZADO NO PZ-14.	18
FOTO 4-13 – DETALHE DO PROCEDIMENTO DE PURGA PARA LIMPEZA DOS POÇOS.....	20
FOTO 4-14 – PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO DO NA COM RÉGUA GRADUADA REALIZADO NO PZ-14.	20
FOTO 4-15 – DETALHE DE PROCEDIMENTO DE AMOSTRAGEM DO POÇO PZ-26 (DEZ/2015).....	20
FOTO 4-16 – DETALHE DE PROCEDIMENTO DE AMOSTRAGEM DO POÇO PZ-16 (DEZ/2015).....	20
FOTO 4-17 – DETALHE DE PROCEDIMENTO DE ACONDICIONAMENTO DAS AMOSTRAS.....	21
FOTO 4-18 – DETALHE DE PROCEDIMENTO DE ACONDICIONAMENTO DAS AMOSTRAS.....	21
FOTO 9-1 – FORMAÇÃO DE Crosta Ferruginosa em Medidor (<i>LEVELLOGGER</i>).....	57

LISTA DE QUADROS

QUADRO 2-1– <i>STATUS</i> DE ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS GERAIS.....	9
QUADRO 2-2 – <i>STATUS</i> DE ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
QUADRO 3-1 – <i>STATUS</i> DE ATENDIMENTO ÀS METAS	10
QUADRO 4-1 – PRECIPITAÇÃO MENSAL MEDIDA NAS ESTAÇÕES DE JIRAU E EXTREMA	13
QUADRO 4-2 – LOCALIZAÇÃO DAS SONDAGENS E CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS DOS POÇOS DE MONITORAMENTO.....	16



QUADRO 4-3 – PROFUNDIDADE E CARGA HIDRÁULICA DOS POÇOS DE MONITORAMENTO (12ª CAMPANHA DE MONITORAMENTO - JANEIRO/FEVEREIRO DE 2016).....	19
QUADRO 4-4 – RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA SUBTERRÂNEA.....	21
QUADRO 4-5 – RESULTADOS DAS ANÁLISES DOS PARÂMETROS BACTERIOLÓGICOS DA ÁGUA SUBTERRÂNEA.....	25
QUADRO 5-1 – PRECIPITAÇÃO TOTAL MENSAL MEDIDA NA ESTAÇÃO DE JIRAU.	26
QUADRO 5-2 – PRECIPITAÇÃO TOTAL MENSAL MEDIDA NA ESTAÇÃO DE EXTREMA.....	26
QUADRO 5-3 – PARÂMETROS IDENTIFICADOS COM CONCENTRAÇÕES ACIMA DOS VALORES MÁXIMOS PERMITIDOS (VMP) PARA CONSUMO HUMANO (RESOLUÇÃO CONAMA Nº 396/2008).....	33
QUADRO 6-1 – <i>STATUS</i> DE ATENDIMENTO AOS INDICADORES DE DESEMPENHO.....	51
QUADRO 7-1– <i>STATUS</i> DE ATENDIMENTO ÀS PROPOSTAS DE INTERFACE COM OUTROS PROGRAMAS.....	52
QUADRO 8-1 – CRONOGRAMA DE ATIVIDADES DO PROGRAMA DE MONITORAMENTO DO LENÇOL FREÁTICO.....	54
QUADRO 9-1– PROPOSTA DE CRONOGRAMA DE ATIVIDADES DO PROGRAMA DE MONITORAMENTO DO LENÇOL FREÁTICO.....	60
QUADRO 10-1– EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL PELA EXECUÇÃO DO PROGRAMA.....	61

1 APRESENTAÇÃO

O presente relatório de acompanhamento **SEMESTRAL**, que subsidia a solicitação da renovação da LO nº 1097/2012, tem por objetivo descrever as atividades desenvolvidas no período de 01/11/2015 a 31/03/2016 e os resultados consolidados no período da LO nº 1097/2012, no âmbito do **PROGRAMA DE MONITORAMENTO DO LENÇOL FREÁTICO** da Usina Hidrelétrica Jirau (UHE Jirau), por meio do Contrato JIRAU 144/15 celebrado entre a Energia Sustentável do Brasil S.A. (ESBR) e a **ESTRATÉGIA GEOLOGIA E MEIO AMBIENTE**.

2 ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS

No **Quadro 2-1** e **Quadro 2-2** são apresentadas as informações referentes aos objetivos estabelecidos no programa.

Quadro 2-1 – Status de atendimento aos objetivos gerais

OBJETIVO GERAL	STATUS	ANÁLISE DO ATENDIMENTO
Identificar a influência do enchimento e operação do reservatório do AHE Jirau sobre o sistema aquífero livre local.	Em atendimento	O objetivo está sendo adequadamente alcançado por meio da implantação do plano de monitoramento, que consistiu da construção de uma rede de monitoramento constituída de 45 poços de monitoramento, sendo 42 para medições e acompanhamento da variação do nível freático e 03 (três) poços, situados em Mutum Paraná, para monitoramento da qualidade da água.

Quadro 2-2 – Status de atendimento aos objetivos específicos

OBJETIVO ESPECÍFICO	STATUS	ANÁLISE DO ATENDIMENTO
Realizar medições periódicas, da profundidade do nível d'água.	Atendido	O objetivo está sendo adequadamente alcançado por meio da realização de medições periódicas da

		<p>profundidade do nível do lençol freático para as fases de pré-enchimento, enchimento e operação do reservatório da UHE Jirau.</p> <p>As atividades foram iniciadas em fevereiro de 2011, tendo sido realizadas 12 campanhas de medição de nível d'água até fevereiro de 2016.</p>
<p>Realizar coleta e análises químicas periódicas, de parâmetros de qualidade da água do sistema aquífero livre, em áreas críticas do entorno do reservatório.</p>	<p>Atendido</p>	<p>As amostragens e análises químicas da água subterrânea, também está sendo realizada, conforme descrito no PBA do empreendimento.</p> <p>As atividades foram iniciadas em maio de 2011, tendo sido realizadas 04 (quatro) campanhas de amostragem e análises químicas da água subterrânea, sendo 02 (duas) na fase de pré-enchimento e 02 (duas) na fase de operação após o enchimento até a cota 90,0m.</p>

3 ATENDIMENTO ÀS METAS

O **Quadro 3-1** a seguir apresenta o *status* de atendimento para as metas do programa.

Quadro 3-1 – *Status* de atendimento às metas

METAS	STATUS	ANÁLISE DO ATENDIMENTO
<p>Efetuar o monitoramento da profundidade do nível do lençol freático durante um ano antes do enchimento, acompanhar a fase de enchimento - prevista para um período de um mês - e após o enchimento do reservatório, por um período de 04 (quatro) anos,</p>	<p>Em atendimento</p>	<p>As medições da profundidade do nível do lençol freático no período pré-enchimento foram iniciadas em fevereiro de 2011, com periodicidade trimestral, de acordo com o previsto no PBA. Em função do ajuste no cronograma de enchimento foi realizada uma campanha de coleta adicional em abril de 2012 (6ª campanha) para monitoramento da fase pré-enchimento. A 7ª, 8ª e a 9ª campanhas de</p>

<p>abrangendo as áreas mais sensíveis à elevação do nível do lençol freático.</p>		<p>coleta de dados realizadas respectivamente em outubro de 2012, março de 2013 e outubro de 2013 englobam a primeira fase de enchimento (cota 82,5) e o início da segunda fase de enchimento (cota 90).</p> <p>A 10ª campanha de coleta de dados foi realizada em julho/agosto de 2014, sendo a coleta dos dados referentes ao período de novembro/2013 – abril/2014, normalmente coletados nesta campanha.</p> <p>A 11ª campanha de coleta de dados foi realizada no período de julho-setembro/2015, sendo coletado os dados de nível freático após o período de cheia.</p> <p>Nos meses de novembro e dezembro de 2015, foram reconstruídos os 11 poços de monitoramento não operacionais. Em função do sistema de medição automática estar inoperante.</p> <p>A 12ª campanha coleta de dados, com medição por meio de régua de todos os poços de monitoramento foi realizada em janeiro-fevereiro/2016. Esta campanha foi realizada devido a não funcionalidade do sistema de medição automática em mais de 70% dos poços de monitoramento.</p>
<p>Efetuar o monitoramento da qualidade da água subterrânea, com enfoque no lençol freático da região de Mutum Paraná, conforme parâmetros da</p>	<p>Atendido</p>	<p>O monitoramento da qualidade da água subterrânea na fase de pré-enchimento foi completado no período de maio de 2011 a novembro de 2011, com a coleta e análises</p>

Resolução CONAMA nº 396/2008 (CONAMA, 2008), em poços selecionados em função do uso atual (cemitério, térmica, serrarias, entre outros);		químicas respectivamente nas fases de vazante e enchente. Este monitoramento teve continuidade na fase pós-enchimento, sendo indicada em função dos resultados obtidos na fase de pré-enchimento, com periodicidade anual. A primeira campanha da fase de operação ocorreu em outubro de 2014. A segunda campanha de amostragem para a fase de operação prevista ocorreu no início de dezembro de 2015, sendo os resultados apresentados no presente relatório.
Propor ações corretivas para as situações anômalas detectadas no monitoramento efetuado, quando pertinente.	Não aplicável até o momento	Até a presente fase de operação, não foram identificadas quaisquer anomalias que necessitassem de ações corretivas.

4 ATIVIDADES REALIZADAS NO SEMESTRE

A seguir estão descritas as principais atividades desenvolvidas e os resultados obtidos no Programa de Monitoramento do Lençol Freático para o período de 01 de novembro de 2015 a 31 de março de 2016. Este período concentrou as atividades necessárias para a recuperação da rede de monitoramento do Programa de Monitoramento do Lençol Freático da UHE Jirau. Foram reconstruídos, nesta etapa, os 11 poços de monitoramento que ficaram não operacionais, ao longo do período de monitoramento (2011-2015). Nos meses de janeiro e fevereiro de 2016 foi realizada a 12ª campanha de medição da profundidade do lençol freático em todos os poços de monitoramento, por meio da técnica de leitura com régua. Nesta campanha foi realizada a leitura manual dos dados em função da não funcionalidade do sistema de medição automática em cerca de 70% dos poços de monitoramento, conforme descrito anteriormente.

4.1 LEVANTAMENTO DOS DADOS METEOROLÓGICOS

Para a caracterização do comportamento pluviométrico da área do empreendimento, foram utilizados os dados obtidos pelas estações climatológicas locais, Jirau e Extrema. Os dados de precipitação (totais mensais) medidos na estação de Jirau e Extrema contemplando o período de novembro de 2015 a março de 2016 foram atualizados. Esses dados contemplam a precipitação total mensal obtidos no período de novembro de 2015 e março de 2016 e são mostrados no **Quadro 4-1**, e podem ser visualizados na **Figura 4-1**, a seguir.

Quadro 4-1 – Precipitação mensal medida nas estações de Jirau e Extrema

MÊS	Nov/15	Dez/15	Jan/16	Fev/16	Mar/16
ESTAÇÃO JIRAU	287,2	220,0	167,2	341,0	384,0
ESTAÇÃO EXTREMA	180,0	36,4	153,8	207,4	213,4

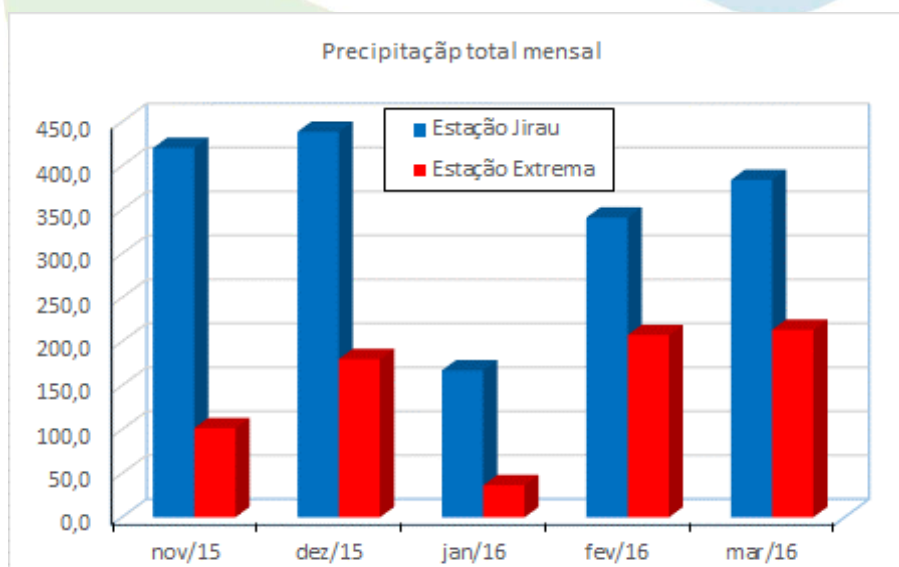


Figura 4-1 – Gráfico comparativo entre as estações de Jirau e Extrema, entre novembro de 2015 e março de 2016.

4.2 LEVANTAMENTO DOS DADOS HIDROLÓGICOS

Foram atualizados os dados de nível da água do rio Madeira, medidos nas estações fluviométricas de Bananal e Abunã, no período de novembro de 2015 a março de 2016. Para a caracterização dinâmica do rio Madeira na área do empreendimento os dados de nível do rio Madeira obtidos pelas estações fluviométricas de Bananal e Abunã, foram plotados em gráfico, e podem ser visualizados na **Figura 4-2** a seguir.

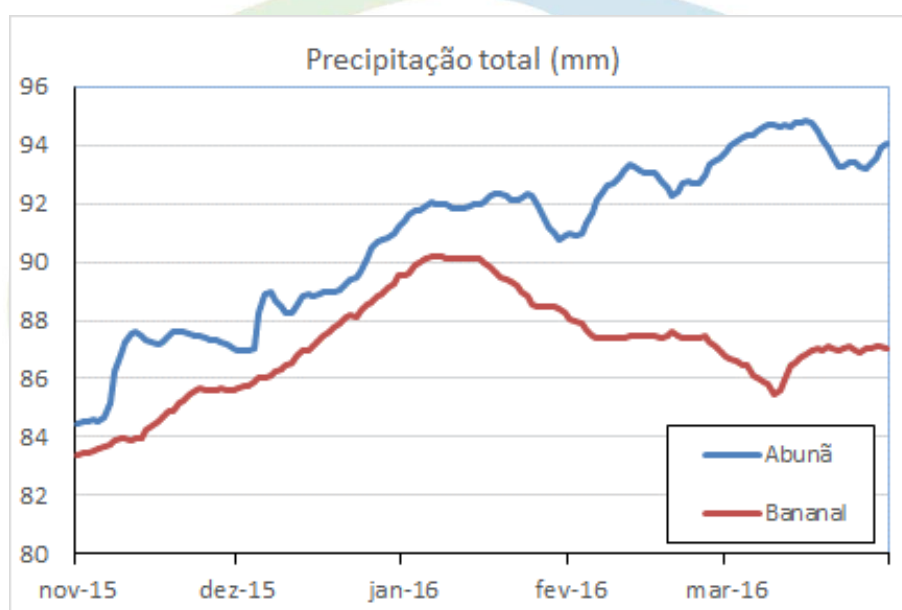


Figura 4-2 – Gráfico comparativo entre a cota do nível d'água do rio Madeira no período de novembro/2015 a março/2016, nas estações de Bananal e Abunã.

4.3 MANUTENÇÃO DOS PIEZÔMETROS

Conforme indicado no 6º Relatório Semestral de LO, a ESBR em atendimento à solicitação do IBAMA constante do Parecer Técnico 02001.002484/2015-31 COHID/IBAMA, implementou a 1ª etapa do projeto de recuperação da rede de monitoramento. Nesta etapa foram reconstruídos os 11 poços de monitoramento não operacionais. Esses poços deixaram de ser operacionais em função de vandalismo (PM-39), acidentes com trator (PM-08, PM-10, PM-45), aterrados acidentalmente (PM-18, PM-19 e PM-30), recobertos por sedimentos do rio Madeira (PM-09, PM-22, PM-23 e PM-44).

Os poços de monitoramento foram construídos de acordo com a Norma NBR 13895 – Construção de Poços de Monitoramento e Amostragem, de junho de 1997, tendo sido executados com trado manual de caneco de 4 polegadas de diâmetro.

Para construção dos poços de monitoramento foram utilizados os seguintes materiais: revestimento constituído de tubo geomecânico de PVC, filtro constituído de tubo geomecânico de PVC, junções feitas por luvas com anel de vedação de borracha de mesmo material, pré-filtro de areia quartzosa, com granulometria variando de 02 (dois) a 04 (quatro) milímetros. O poços foram selados com bentonita e uma camada de concreto. O perfil construtivo dos poços pode ser visualizado na **Figura 4-3** a seguir.

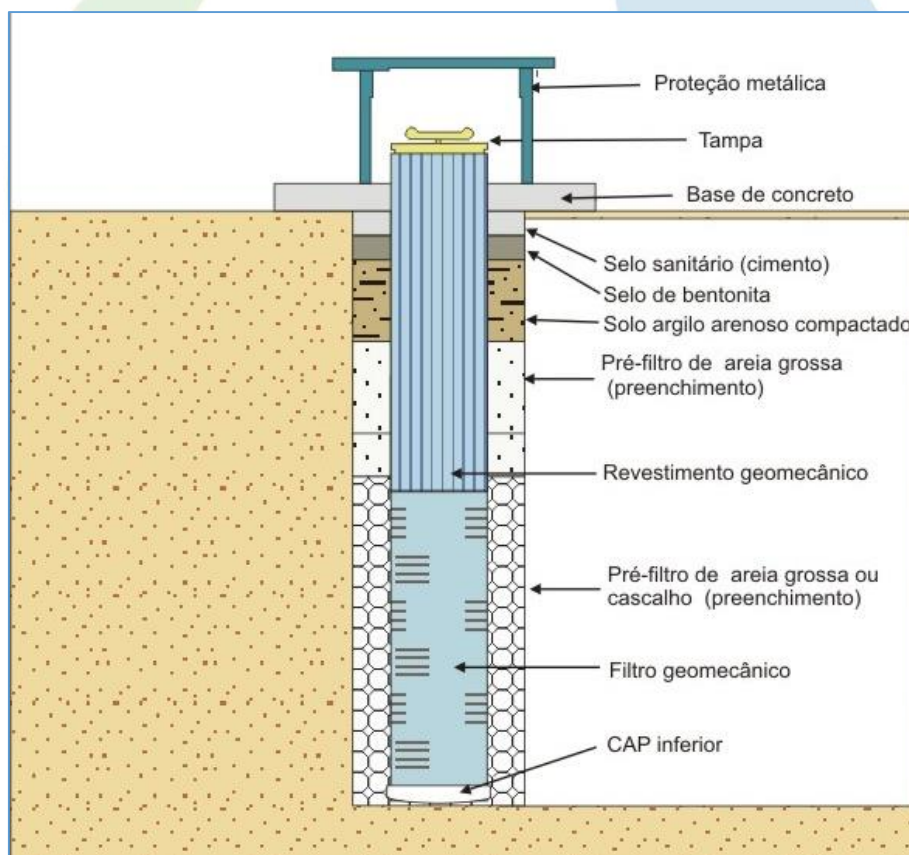


Figura 4-3 – Perfil construtivo de poço de monitoramento conforme a norma NBR 15.495- 1 de 2007 e NBR 15495-2 de 2008 da ABNT.

O **Quadro 4-2** a seguir apresenta a localização e profundidade de instalação dos poços de monitoramento reconstruídos. As características construtivas e procedimentos de instalação podem ser observados nas Foto 4-1, Foto 4-2, Foto 4-3, **Foto 4-4**, Foto 4-5, **Foto 4-6**, **Foto 4-7** e **Foto 4-8**.

Quadro 4-2 – Localização das sondagens e características construtivas dos poços de monitoramento.

PM	COORD. X	COORD. Y	PROF. (M)	NA SONDAGEM	LOCAL
PM-08	270370	8928688	6,70	4,20	FAZ. NOR BRASIL
PM-09	268659	8936890	7,00	4,95	RAMAL PRIMAVERA
PM-10	268664	8936611	6,00	4,10	RAMAL PRIMAVERA
PM-18	277416	8942012	5,30	1,62	RAMAL DA Balsa DE MUTUM (ME)
PM-19	277031	8942108	5,60	1,54	RAMAL DA Balsa DE MUTUM (ME)
PM-22	286760	8937844	5,00	3,40	RAMAL VAI QUEM QUER
PM-23	286284	8939066	6,00	3,60	RAMAL VAI QUEM QUER
PM-30	277179	8931064	5,00	3,45	FAZ. NOR BRASIL
PM-39	305592	8953092	9,90	7,65	RAMAL CAIÇARAS
PM-44	316576	8975682	8,72	6,60	CANTEIRO USINA (ME)
PM-45	316383	8975722	12,20	11,00	CANTEIRO USINA (ME)



Foto 4-1 – Detalhe do tubo de PVC geomecânico (revestimento).



Foto 4-2 – Detalhe filtro de PVC geomecânico.



Foto 4-3 – Detalhe filtro PVC geomecânico com tampa rosqueável de PVC.



Foto 4-4 – Detalhe do “cap” de pressão, utilizado para vedar o piezômetro.



Foto 4-5 – Detalhe da sondagem a trado para instalação de poço de monitoramento.



Foto 4-6 – Procedimento de preenchimento com pré-filtro (cascalho).



Foto 4-7 – Procedimento de preenchimento com selo de bentonita.



Foto 4-8 – Detalhe da construção do acabamento final do poço.

4.4 CAMPANHA DE MONITORAMENTO DO LENÇOL FREÁTICO

Para a caracterização hidrodinâmica do aquífero local foram realizadas medições de nível d'água em todos os poços de monitoramento no período de janeiro/fevereiro de 2016. Esta campanha, que corresponde a 12ª campanha de monitoramento do Programa e a 3ª da fase de operação pós enchimento do reservatório até a cota 90 m, foi realizada manualmente devido a não funcionalidade observada em mais de 70% dos medidores automáticos (**Foto 4-9** a **Foto 4-12**). As leituras foram realizadas por meio de régua graduada em todos os poços de monitoramento, excetuando os pontos PM-16 e PM-26, que estavam submersos neste período. Desta forma, foi mantida a periodicidade semestral de medição e coleta de dados conforme previsto no PBA da UHE Jirau para a fase de operação.



Foto 4-9 – Procedimento de medição do NA com régua graduada realizado no PZ-02.



Foto 4-10 – Procedimento de medição do NA com régua graduada realizado no PZ-13.



Foto 4-11 – Procedimento de medição do NA com régua graduada realizado no PZ-27.



Foto 4-12 – Procedimento de medição do NA com régua graduada realizado no PZ-14.



O **Quadro 4-3**, a seguir apresenta as medidas de nível freático dos poços de monitoramento e suas respectivas cargas hidráulicas.

Quadro 4-3 – Profundidade e carga hidráulica dos poços de monitoramento (12ª campanha de monitoramento - janeiro/fevereiro de 2016).

PM	PROF. NA (M)	CARGA HIDR. (M)	PM	PROF. NA (M)	CARGA HIDR. (M)
PM-01	9,250	94,340	PM-24	1,470	100,931
PM-02	4,600	93,477	PM-25	2,150	111,136
PM-03	1,860	98,209	PM-26	0,000	89,265
PM-04	1,920	97,598	PM-27	10,280	93,416
PM-05	2,090	96,126	PM-28	6,950	90,917
PM-06	1,980	100,353	PM-29	2,440	91,700
PM-07	2,930	94,865	PM-30	1,620	91,545
PM-08	2,820	95,143	PM-31	0,730	91,968
PM-09	1,960	92,403	PM-32	1,970	99,037
PM-10	1,720	91,283	PM-33	1,430	97,494
PM-11	1,850	92,463	PM-34	6,650	103,111
PM-12	1,810	95,899	PM-35	12,920	92,005
PM-13	1,960	91,138	PM-36	2,540	99,972
PM-14	0,680	89,790	PM-37	3,770	100,677
PM-15	0,580	90,262	PM-38	2,150	90,704
PM-16	0,000	90,151	PM-39	0,870	102,987
PM-17	1,070	91,713	PM-40	2,230	92,126
PM-18	0,750	97,207	PM-41	2,050	94,766
PM-19	1,720	88,853	PM-42	3,270	88,569
PM-20	1,050	91,817	PM-43	3,450	110,140
PM-21	1,120	92,590	PM-44	6,480	91,946
PM-22	0,920	91,122	PM-45	9,220	90,800
PM-23	0,850	92,537	-	-	-

4.5 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA

As coletas de amostras de água subterrânea nos poços de monitoramento PZ-15, PZ-16 e PZ-26, localizados no antigo perímetro urbano do distrito de Mutum Paraná, conforme previsto no PBA, foram realizadas no dia 16 de dezembro de 2015 por um profissional da equipe técnica da Estratégia Geologia e Meio Ambiente.

Para a amostragem da água subterrânea, foi efetuada a purga (esgotamento) dos referidos poços de monitoramento, sendo retirado 03 (três) vezes o volume de água existente no interior de cada poço. Este procedimento tem a finalidade de assegurar que toda a água que por ventura estivesse estagnada nos poços fosse removida, possibilitando a coleta de uma amostra representativa (**Foto 4-13 a Foto 4-16**).



Foto 4-13 – Detalhe do Procedimento de purga para limpeza dos poços.



Foto 4-14 – Procedimento de medição do NA com régua graduada realizado no PZ-14.



Foto 4-15 – Detalhe de procedimento de amostragem do poço Pz-26 (Dez/2015).



Foto 4-16 – Detalhe de procedimento de amostragem do poço Pz-16 (Dez/2015).

Após a coleta, as amostras foram armazenadas em recipientes adequados para conservação (**Foto 4-17** e **Foto 4-18**), de acordo com as melhores práticas, e enviadas para o laboratório da Life Serviços Limnológicos, empresa responsável pela realização das análises químicas.



Foto 4-17 – Detalhe de procedimento de acondicionamento das amostras.



Foto 4-18 – Detalhe de procedimento de acondicionamento das amostras.

Foram analisados os parâmetros contemplados na Resolução CONAMA nº 396/2008, a qual dispõe sobre a classificação e as diretrizes ambientais para o enquadramento, a prevenção e o controle da poluição das águas subterrâneas. Os resultados analíticos das amostras de solo encontram-se no **Quadro 4-4** e **Quadro 4-5**, e os laudos são apresentados no Relatório Técnico do Programa, constante no **Anexo I** deste documento.

Quadro 4-4 – Resultados das análises físico-químicas da água subterrânea.

PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	UNID.	LIMITE	PM-15	PM-16	PM-26	LQ
Alumínio	µg/L	200	320	<0,02	<0,02	0,02
Cloretos	µg/L	250000	<0,5	<0,5	<0,5	0,5
1,2 diclorobenzeno	µg/L	0,01	<0,001	<0,001	<0,001	0,01
1,4 diclorobenzeno	µg/L	0,03	<0,001	<0,001	<0,001	0,01
Etilbenzeno	µg/L	0,2	<0,001	<0,001	<0,001	0,001
Ferro	µg/L	300	1630	2150	1770	0,01
Manganês	µg/L	100	99	99	95	0,010
Monoclorobenzeno	µg/L	120	<0,001	<0,001	<0,001	0,001
Sódio	µg/L	200000	1240	6550	1240	0,500



Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	1000	29,5	28,3	6,10	0,1
Sulfato	mg/L	250	6,0	20,0	4,0	1,0
Sulfeto de Hidrogênio	mg/L	0,1	0,001	0,001	0,001	0,001
Tolueno	µg/L	0,17	<0,001	<0,001	<0,001	0,001
Zinco	µg/L	5	0,38	<0,001	<0,001	0,001
Xilenos	µg/L	0,3	<0,002	<0,002	<0,002	0,002
Parâmetros Inorgânicos						
Antimônio	µg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,005
Arsênio	µg/L	0,01	<0,008	<0,008	<0,008	0,008
Bário	µg/L	0,7	<0,025	<0,025	<0,025	0,025
Berílio	µg/L	0,004	0,0012	0,0012	0,0012	0,0004
Boro	µg/L	0,5	<0,007	<0,007	<0,007	0,007
Cádmio	µg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,005
Chumbo	µg/L	0,01	<0,005	<0,005	<0,005	0,008
Cianeto	µg/L	0,07	<0,001	<0,001	<0,001	0,001
Cobalto	µg/L	-	<0,003	<0,003	<0,003	0,003
Cobre	µg/L	2	0,041	0,018	<0,018	0,018
Cromo	µg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	0,010
Fluoreto	mg/L	1,5	<0,10	<0,10	<0,10	0,10
Lítio	µg/L	-	0,019	0,019	0,019	0,001
Mercúrio	µg/L	0,001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0001
Molibdênio Total	µg/L	0,07	<0,007	<0,007	<0,007	0,007
Níquel	µg/L	0,07	0,010	<0,008	<0,008	0,008
Nitrato	mg/L	10	0,4	0,8	1,7	0,1
Nitrito	mg/L	1	0,040	<0,001	0,046	0,001
Prata	µg/L	0,1	<0,005	<0,005	<0,005	0,005
Selênio	µg/L	0,01	<0,005	<0,005	<0,005	0,005
Urânio	µg/L	0,03	<0,008	<0,008	<0,008	0,008
Parâmetros Orgânicos						
Acetilamida	µg/L	0,5	<0,005	<0,005	<0,005	0,005
Benzeno	µg/L	5	<0,001	<0,001	<0,001	0,001



Benzo antraceno	µg/L	0,05	<0,001	<0,001	<0,001	0,001
Benzo fluoranteno	µg/L	0,05	<0,001	<0,001	<0,001	0,001
Benzo (k) fluoranteno	µg/L	0,05	<0,001	<0,001	<0,001	0,001
Benzo[a]pireno	µg/L	0,7	<0,001	<0,001	<0,001	0,001
Cloreto de Vinila	µg/L	2	<0,001	<0,001	<0,001	0,1
Clorofórmio	µg/L	200	<0,01	<0,01	<0,01	0,01
Criseno	µg/L	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	0,01
1,2 Dicloroetano	µg/L	10	<0,001	<0,001	<0,001	0,001
1,1 Dicloroetano	µg/L	30	<0,001	<0,001	<0,001	0,001
1,2 Dicloroetano (cis + trans)	µg/L	50	<0,001	<0,001	<0,001	0,001
Diclorometano	µg/L	20	<0,001	<0,01	<0,01	0,001
Di(2-etilhexil)ftalato	µg/L	8	<0,001	<0,02	<0,02	0,001
Dibenzo (a,h) antraceno	µg/L	0,05	<0,01	<0,001	<0,001	0,01
Etilbenzeno	µg/L	200	<0,02	<0,01	<0,01	0,02
Fenóis	mg/L	0,003	<0,001	<0,1	<0,1	0,001
Indeno (1,2,3 -cd) pireno	µg/L	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	0,01
PCBs – Bifenilas policloradas	µg/L	0,5	<0,1	<0,001	<0,001	0,1
1,1,2 Tricloroetano	µg/L	70	<0,01	<0,005	<0,005	0,01
Estireno	µg/L	20	<0,001	<0,001	<0,001	0,001
Pentaclorofenol	µg/L	9	<0,005	<0,001	<0,001	0,005
Tetracloroeto de Carbono	µg/L	4	<0,001	<0,002	<0,002	0,001
Tetracloroetano	µg/L	40	<0,001	<0,002	<0,002	0,001
Triclorobenzenos	µg/L	20	<0,002	<0,002	<0,002	0,002
Tricloroetano	µg/L	20	<0,002	<0,001	<0,001	0,002
Parâmetros Agrotóxicos						
2,4 D + 2,4,5 T	µg/L	30	<0,001	<0,001	<0,001	0,001
Alaclor	µg/L	20	<0,001	<0,001	<0,001	0,001
Aldicarbe + Aldicarbesulfona + Aldicarbesulfóxido	µg/L	10	<0,001	<0,005	<0,005	0,001
Aldrin + Dieldrin	µg/L	0,03	<0,001	<0,01	<0,01	0,001
Atrazina	µg/L	2	<0,005	<0,1	<0,1	0,005



Bentazona	µg/L	300	<0,01	<0,005	<0,005	0,01
Clorotalonil	µg/L	-	<0,1	<0,005	<0,005	0,1
Carbendazim + benomil	µg/L	120	<0,005	<0,001	<0,001	0,005
Carbofurano	µg/L	7	<0,005	<0,001	<0,001	0,005
Clordano	µg/L	0,2	<0,001	<0,001	<0,001	0,001
Clorpirifós + clorpirifós-oxon	µg/L	30	<0,001	<0,001	<0,001	0,001
DDT + DDD + DDE	µg/L	1	<0,001	<0,001	<0,001	0,001
Diuron	µg/L	90	<0,001	<0,001	<0,001	0,001
Endossulfan (α β e sais)	µg/L	20	<0,001	<0,001	<0,001	0,001
Endrin	µg/L	0,6	<0,001	<0,001	<0,001	0,001
Glifosato + AMPA	µg/L	500	<0,001	<0,01	<0,01	0,001
Lindano (gama HCH)	µg/L	2	<0,001	<0,001	<0,001	0,001
Heptacloro epóxido	µg/L	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	0,01
Hexaclorobenzeno	µg/L	1	<0,001	<0,01	<0,01	0,001
Malation	µg/L	190	<0,01	<0,005	<0,005	0,01
Metoxicloro	µg/L	20	<0,01	<0,001	<0,001	0,01
Mancozebe	µg/L	180	<0,005	<0,002	<0,002	0,005
Metamidofós	µg/L	12	<0,001	<0,005	<0,005	0,001
Metolacloro	µg/L	10	<0,002	<0,001	<0,001	0,002
Molinato	µg/L	6	<0,005	<0,005	<0,005	0,005
Parationa Metílica	µg/L	9	<0,001	<0,005	<0,005	0,001
Pendimentalina	µg/L	20	<0,005	<0,001	<0,001	0,005
Permetrina	µg/L	20	<0,005	<0,01	<0,01	0,005
Pentaclorofenol	µg/L	9	<0,001	<0,005	<0,005	0,001
Propanil	µg/L	20	<0,01	<0,005	<0,005	0,01
Profenofós	µg/L	60	<0,005	<0,005	<0,005	0,005
Simazina	µg/L	2	<0,005	<0,005	<0,005	0,005
Tebuconazol	µg/L	180	<0,005	<0,005	<0,005	0,005
Terbufós	µg/L	1,2	<0,005	<0,005	<0,005	0,005
Trifularina	µg/L	20	<0,005	<0,005	<0,005	0,005

Quadro 4-5 – Resultados das análises dos parâmetros bacteriológicos da água subterrânea.

PARÂMETROS BACTERIOLÓGICOS	UNIDADE	LIMITE	PM-15	PM-16	PM-26
Coliformes Totais	NMP/100mL	NR	<18	<18	<18
Escherichia coli	NMP/100mL	Até 1000	<18	<18	<18

Com base nos laudos laboratoriais, constatou-se analiticamente que a amostra de água subterrânea coletada no PM-15 apresentou concentrações acima dos valores de referência da Resolução CONAMA nº 396/2008, para os parâmetros alumínio e ferro. As amostras de água subterrânea coletadas nos pontos PM-16 e PM-26 apresentaram concentrações acima do permitido apenas para o parâmetro ferro.

4.6 ANÁLISE E PROCESSAMENTO DE DADOS DOS MEDIDORES

Os dados coletados nos medidores automáticos (*levellogger* e *barologger*), ainda funcionais durante a 11ª Campanha (agosto-setembro/2015), foram processados com a utilização do *software Levellogger* versão 4.0.2, sendo a compensação barométrica efetuada por meio de planilha excel. Foram processados os dados dos seguintes medidores ainda funcionais: PZ-01, PZ-05, PZ-07, PZ-11, PZ-20, PZ-25, PZ-33, PZ-38, PZ-41 e PZ-42. Além desses foram recuperadas as leituras dos PZ-35 e PZ-45 entre o período de março/2013 e janeiro/2015. Os dados compensados foram então processados em planilhas Excel própria, onde a profundidade do freático e a carga hidráulica em cada piezômetro puderam ser calculadas com base nos valores da coluna d'água e da profundidade de instalação dos medidores em relação à boca do poço. Os gráficos atualizados são apresentados no **Anexo II**.

5 RESULTADOS CONSOLIDADOS DO PERÍODO DA LO Nº 1097/2012

A seguir são apresentados os dados consolidados levantados durante o período da LO nº 1097/12. Estes dados foram integrados aos dados obtidos na etapa anterior, contemplando os resultados obtidos no Programa de Monitoramento do Lençol Freático para o período de junho de 2011 a de março de 2016.

5.1 DADOS METEOROLÓGICOS

Para a análise da variação dos índices de precipitação foram utilizados os dados da rede de monitoramento da SEDAM-RO. Foram analisados os dados das Estações de Jirau e Extrema, no período de junho de 2011 a março 2016 (**Quadro 5-1** e **Quadro 5-2**). Os dados de precipitação das estações de Jirau e Extrema foram plotados em gráfico e estão apresentados respectivamente nas **Figura 5-1** e **Figura 5-2**. Os totais mensais acumulados medidos nas duas estações são apresentados na **Figura 5-3**.

Quadro 5-1 – Precipitação total mensal medida na estação de Jirau.

MÊS	ANO					
	2011	2012	2013	2014	2015	2016
JANEIRO	211,8	333,8	268,8	453,2	369,4	167,2
FEVEREIRO	465,8	362,4	251,6	223,2	423,8	341
MARÇO	538,4	261,8	262,8	308,8	481,6	384
ABRIL	217,8	167,0	99,4	116,0	183,4	-
MAIO	101,4	153,8	98,6	150,0	177,2	-
JUNHO	0,0	130,0	19,2	42,2	36,2	-
JULHO	5,0	0,2	40,2	67,7	18,4	-
AGOSTO	30,4	61,2	7,2	48,6	43	-
SETEMBRO	153,6	111,0	157,2	21,6	77,6	-
OUTUBRO	107,6	121,2	237,6	314,0	103	-
NOVEMBRO	159,2	262,4	335,4	420,2	287,2	-
DEZEMBRO	297,2	217,6	395,6	438,6	220	-

Fonte: SEDAM-RO. Disponível em <http://www.sedam.ro.gov.br>.

Quadro 5-2 – Precipitação total mensal medida na estação de Extrema.

MÊS	ANO					
	2011	2012	2013	2014	2015	2016
JANEIRO	259,2	383,6	204,4	282,2	380,8	153,8
FEVEREIRO	305,0	396,4	449,0	315,4	220,4	207,4
MARÇO	314,6	263,6	249,6	368,0	462,6	213,4

ABRIL	216,0	87,2	47,4	279,2	154,4	-
MAIO	50,4	97,0	46,8	68,6	135,6	-
JUNHO	1,2	36,2	124,8	116,6	5	-
JULHO	19,4	0,4	24,8	14,6	18,2	-
AGOSTO	19,2	22,6	86,2	58,0	28,4	-
SETEMBRO	66,0	96,8	85,8	92,2	39,2	-
OUTUBRO	79,8	63,4	153,6	274,8	101,4	-
NOVEMBRO	149,8	35,6	315,6	152,4	180	-
DEZEMBRO	97,4	275,0	276,2	166,0	36,4	-

Fonte: SEDAM-RO. Disponível em <http://www.sedam.ro.gov.br>.

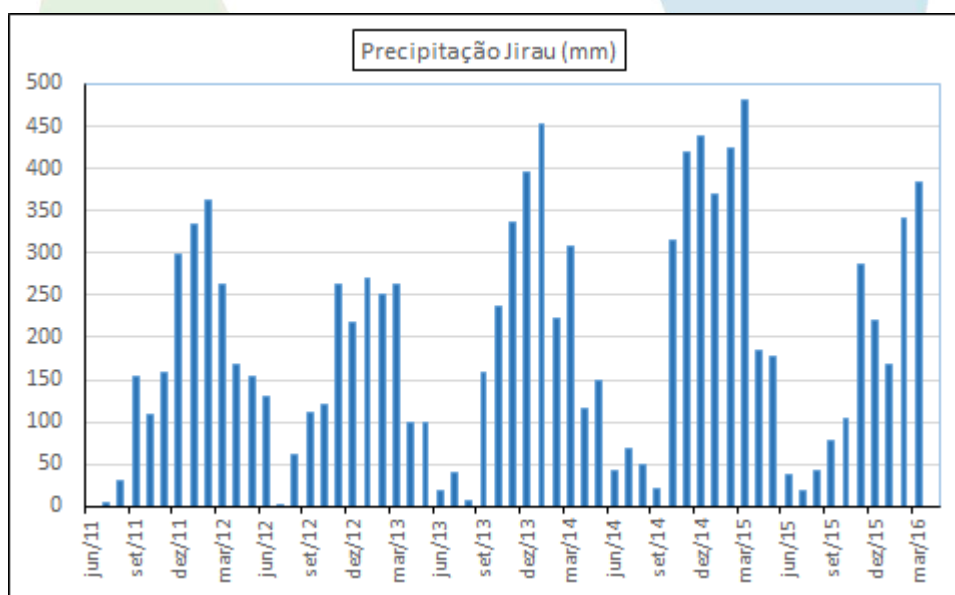


Figura 5-1 – Precipitação total registrada na estação de Jirau no período junho de 2011 a março de 2016.

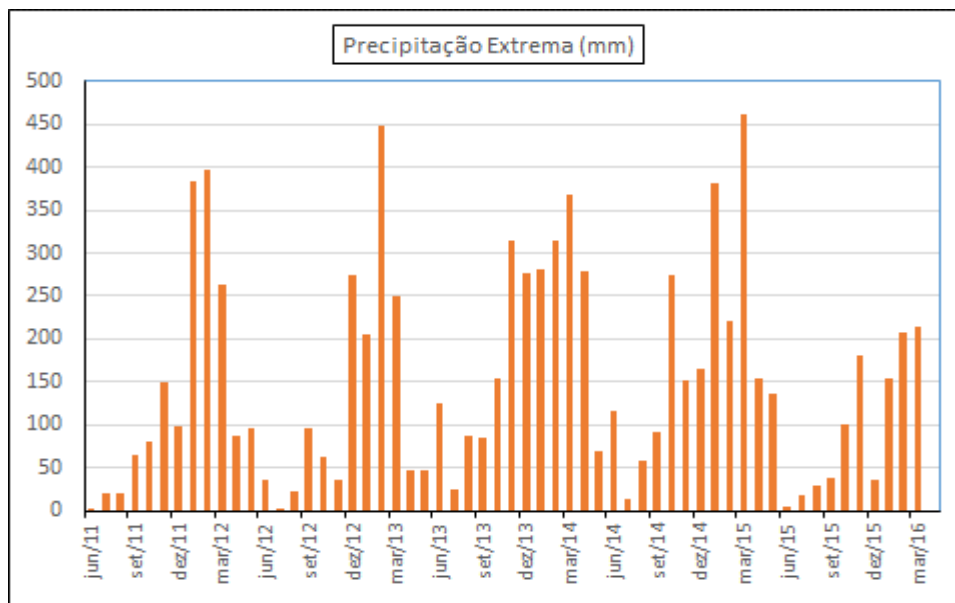


Figura 5-2 – Precipitação total registrada na estação de Jirau no período junho de 2011 a março de 2016.

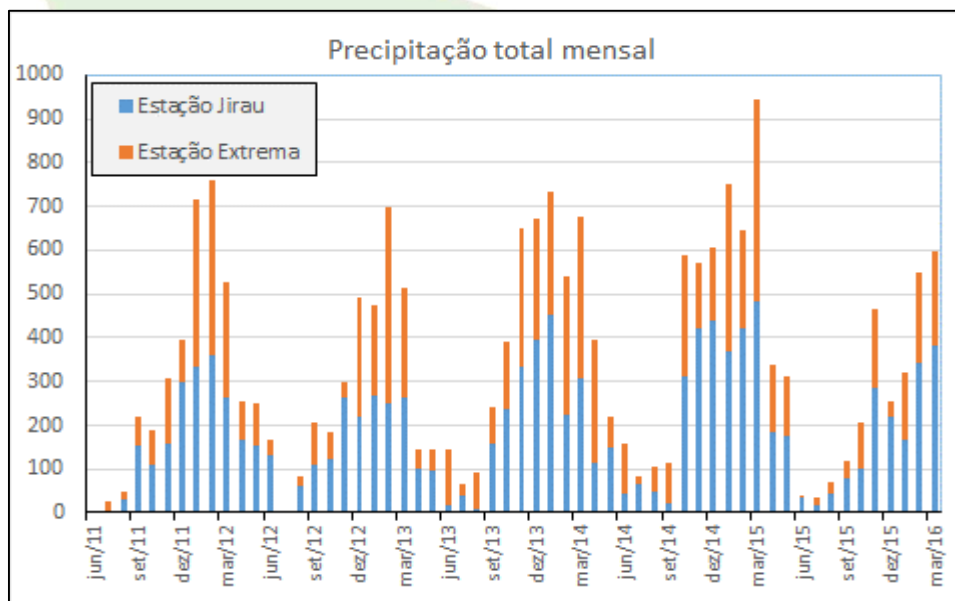


Figura 5-3 – Precipitação total acumulada registradas nas estações de Jirau e Extrema no período de junho de 2011 a março de 2016.

Analisando os totais mensais acumulados registrados nas estações de Jirau e Extrema, para os períodos sazonais de junho/11 a maio/12, junho/12 a maio/13, junho/13 a maio/14 e junho/14 a maio/15, observou-se que a estação chuvosa (outubro–março) para o período sazonal de junho/14 a maio/15,

foi a mais intensa registrando valores acumulados de 4104,6 mm. Para o período sazonal de junho/13 a maio/14, que correspondeu ao período da cheia histórica de 2013/2014, bem como à etapa de enchimento até a cota 90m, foi registrando valores acumulados de 3664,8 mm. Para os demais períodos sazonais, os valores acumulados totais de suas respectivas estações chuvosas, registraram valores abaixo de 3.000,0 mm (**Figura 5-4**).

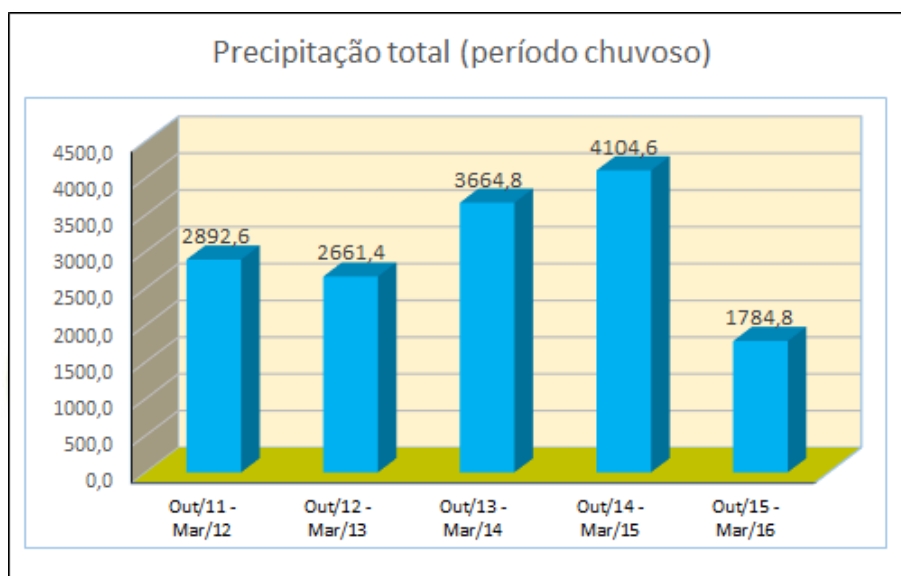


Figura 5-4 – Precipitação total acumulada para o período chuvoso, registrada nas estações de Jirau e Extrema.

Para estação seca, que contempla os meses de junho, julho e agosto, o período sazonal que precedeu a cheia histórica de 2013/2014, bem como a 2ª etapa de enchimento até a cota 90,0m, foi de estiagem mais branda, registrando valores acumulados, para os meses de junho, julho e agosto, de 347,7 mm. O período de estiagem que antecedeu a 2ª etapa de enchimento, registrou também uma estiagem mais branda, com valores acumulados para os meses de junho, julho e agosto de 302,4 mm. A estação seca mais intensa foi registrada no período sazonal de junho/11 a agosto/11, que registrou valores acumulados para os meses de junho, julho e agosto de 75,2 mm. As estações secas dos períodos sazonais de junho/12 a agosto/12 e junho/15 a agosto/15, que registraram para os meses de junho, julho e agosto, respectivamente, valores acumulados de 250,6 mm e 149,2 mm (**Figura 5-5**).

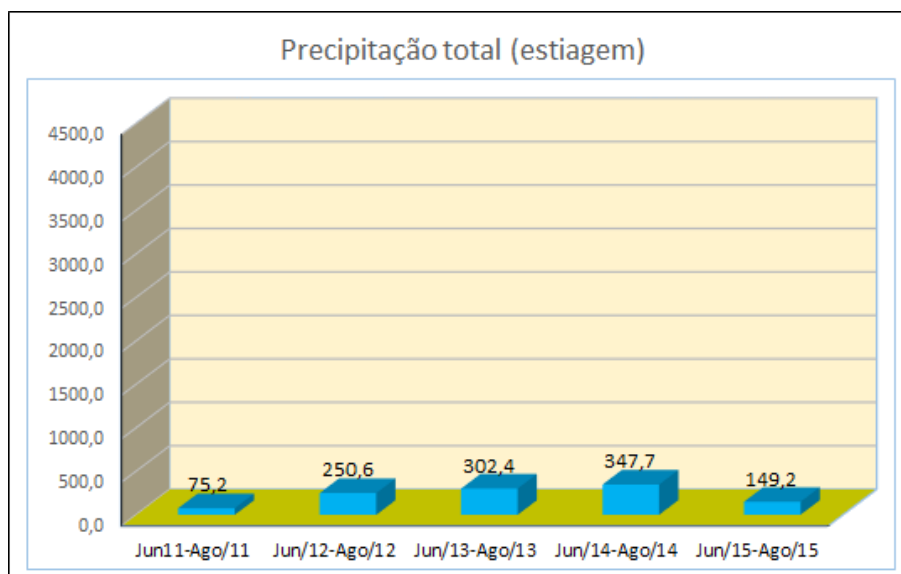


Figura 5-5 – Precipitação total acumulada para o período chuvoso, registrada nas estações de Jirau e Extrema.

5.2 DADOS HIDROLÓGICOS

Para a consolidação dos dados hidrológicos, os dados atualizados obtidos a partir de leituras de régua realizadas nas estações fluviométricas de Bananal e Abunã, foram plotados em gráficos, sendo analisados as variações entre as respectivas cotas registrada em Bananal e Abunã, devido ao efeito remanso após a elevação do nível do rio na barragem.

A diferença de cota registrada entre as estações de Bananal e Abunã, que apresentava valores médios de, 12 metros (estiagem) e 14 metros (cheia), nos dois períodos sazonais anteriores ao enchimento, passou a registrar após a 2ª etapa de enchimento, valores médios de 5 metros na cheia (chegando a 10 metros na cheia histórica de 2013/2014), e 1 metro na estiagem. Esses dados podem ser observados na

Figura 5-6, a seguir.

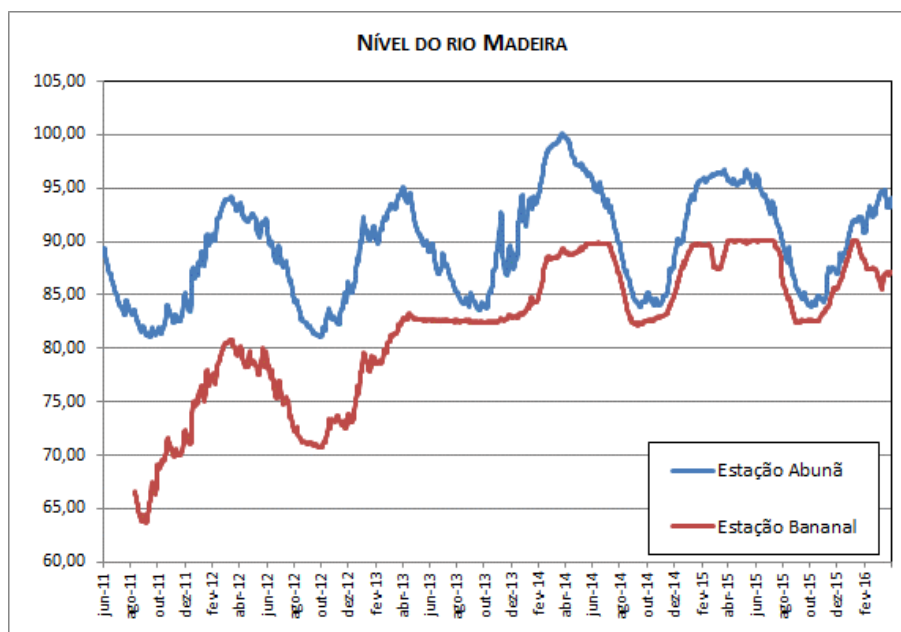


Figura 5-6 – Gráfico comparativo entre a cota do nível d'água do rio Madeira no período de setembro/2011 a março/2016, nas estações de Bananal e Abunã.

5.3 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA

Os dados consolidados do monitoramento da qualidade da água subterrânea contemplam os resultados das 04 (quatro) campanhas de amostragem e análises químicas realizadas no Programa de Monitoramento do Lençol Freático, incluindo as duas campanhas da etapa de pré-enchimento, realizadas respectivamente em maio/2011 e novembro/2011.

Para a 1ª campanha de monitoramento da qualidade da água, realizada em maio/2011, os resultados dos laudos laboratoriais identificaram concentrações acima dos valores máximos permitidos para consumo humano (Resolução CONAMA nº 396/2008), para os parâmetros alumínio, chumbo, ferro, manganês, coliformes termotolerantes e coliformes fecais no PM-15. Para os poços de monitoramento PM-16 e PM-26, os laudos indicaram concentrações acima do permitido para os parâmetros alumínio, chumbo, ferro e manganês.

Para a 2ª campanha de monitoramento (novembro/2011), os resultados dos laudos laboratoriais identificaram concentrações acima dos valores máximos permitidos para consumo humano para os



parâmetros alumínio, chumbo e manganês no PZ-15, e para os parâmetros alumínio, bário, chumbo, ferro, manganês e níquel no PZ-26.

Devido à forte estiagem ocorrida entre os meses de maio e setembro de 2011, o PM-16 encontrava-se seco no período em que foi realizada a campanha de monitoramento da qualidade da água, sendo realizada coleta de água subterrânea em um poço de captação existente na área do Grupo Gerador, situado a jusante do PZ-16. Os resultados indicaram concentrações acima dos valores máximos permitidos para o parâmetro manganês na amostra coletada no poço de captação situada no terreno do Grupo Gerador.

Para a 3ª campanha realizada após a 2ª etapa de enchimento (outubro/2014), os resultados dos laudos laboratoriais identificaram que a amostra de água subterrânea coletada no PM-15 apresentou concentrações acima do permitido para os parâmetros alumínio e manganês.

A amostra de água subterrânea coletadas no PZ-16 apresentou concentrações acima do permitido para os parâmetros alumínio, chumbo e manganês. Além disso, detectou a presença de Coliformes Termotolerantes. Já a amostra de água do PZ-26 identificou concentrações acima do permitido para os parâmetros chumbo e manganês.

Para a 4ª campanha de amostragem e análises químicas realizadas em dezembro/2015, os resultados dos laudos laboratoriais identificaram que a amostra de água subterrânea coletada no PM-15 apresentou concentrações acima do permitido para os parâmetros alumínio e ferro. Para os poços de monitoramento PM-16 e PM-26, os laudos indicaram concentrações acima do permitido apenas para o parâmetro ferro.

O **Quadro 5-3** a seguir apresenta os parâmetros com suas respectivas concentrações, que apresentaram valores acima dos valores de referência (VMP) nas 04 (quatro) campanhas de monitoramento da qualidade da água.

Quadro 5-3 – Parâmetros identificados com concentrações acima dos valores máximos permitidos (VMP) para consumo humano (Resolução CONAMA nº 396/2008).

POÇO	PARÂMETROS COM CONCENTRAÇÕES ACIMA DO VALOR MÁXIMO PERMITIDO VMP (µG/L)			
	1ª CAMPANHA	2ª CAMPANHA	3ª CAMPANHA	4ª CAMPANHA
PM-015	ALUMÍNIO (1.313,7), CHUMBO (72,7), FERRO (382,2) E MANGANÊS (783,7). COLIFORMES TERMOTOLERANTES E COLIFORMES FECAIS PRESENTES	ALUMÍNIO (672,6), CHUMBO (145,9) E MANGANÊS (2607)	ALUMÍNIO (513) E MANGANÊS (1790)	ALUMÍNIO (320), FERRO (1.630)
PM-16	ALUMÍNIO (8.133), CHUMBO (299,1), FERRO (2.201) E MANGANÊS (3.808)	MANGANÊS (156,4) (*)	ALUMÍNIO (225), CHUMBO (90,7) E MANGANÊS (239). COLIFORMES TERMOTOLERANTES PRESENTES	FERRO (2.150)
PM-26	ALUMÍNIO (1.781), CHUMBO (42,3), FERRO (5.590) E MANGANÊS (1.070)	ALUMÍNIO (11.588), BÁRIO (1.336), CHUMBO (310,6), FERRO (14.648), MANGANÊS (9.234) E NÍQUEL (29,7)	MANGANÊS (129)	FERRO (1.770)

5.4 MONITORAMENTO DO LENÇOL FREÁTICO

Variações da dinâmica do nível freático, estão diretamente relacionadas à variação dos dois fatores diretamente associados à sua dinâmica, que são: a precipitação, fator não influenciado diretamente por ações antrópicas, que é responsável direto pela recarga do aquífero freático; e as oscilações, naturais ou provocada por ação antrópica, do nível de base, que são as variações do corpo d'água que serve como zona de descarga do aquífero.

Na dinâmica natural do sistema, a recarga principal ocorre verticalmente pela infiltração direta no solo, da água principalmente proveniente das chuvas, se acumulando na zona saturada, que compõe o aquífero freático. Lateralmente também ocorre recarga a partir das zonas de recarga do aquífero, que são topograficamente mais elevadas, de onde a água subterrânea acumulada na zona saturada esco lateralmente em direção à zona de descarga, formada pelos corpos d'água (rios e/o lagos), que compõem o nível de base da região (**Figura 5-7**).

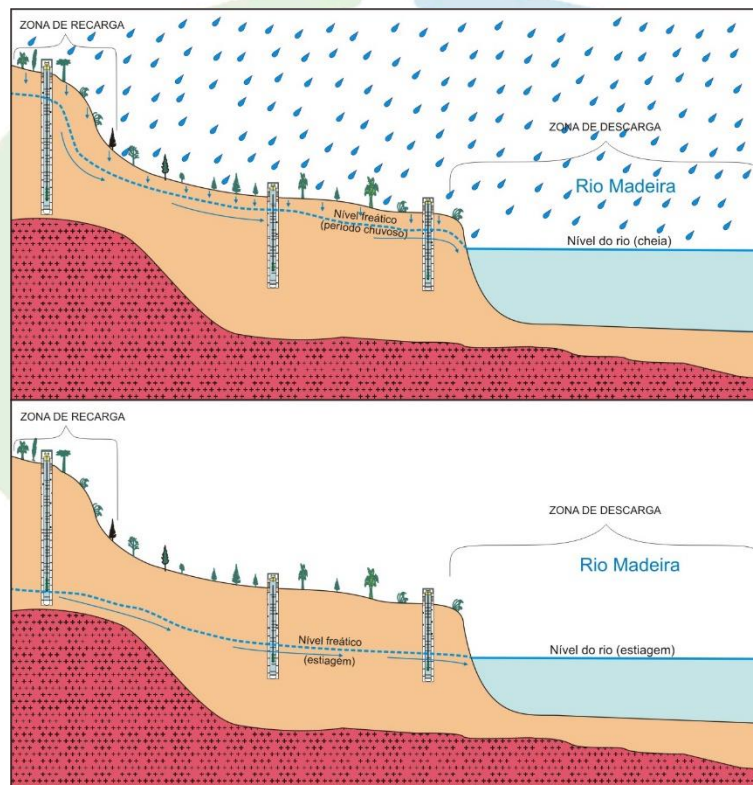


Figura 5-7 – Figura esquemática, mostrando a dinâmica do aquífero freático.

Com a formação de um reservatório, a elevação do nível do rio devido a construção da barragem, acorrerá uma variação incremental do nível de base, e conseqüentemente da interface entre o aquífero e sua zona de descarga, como pode ser observado na **Figura 5-8**, a seguir.

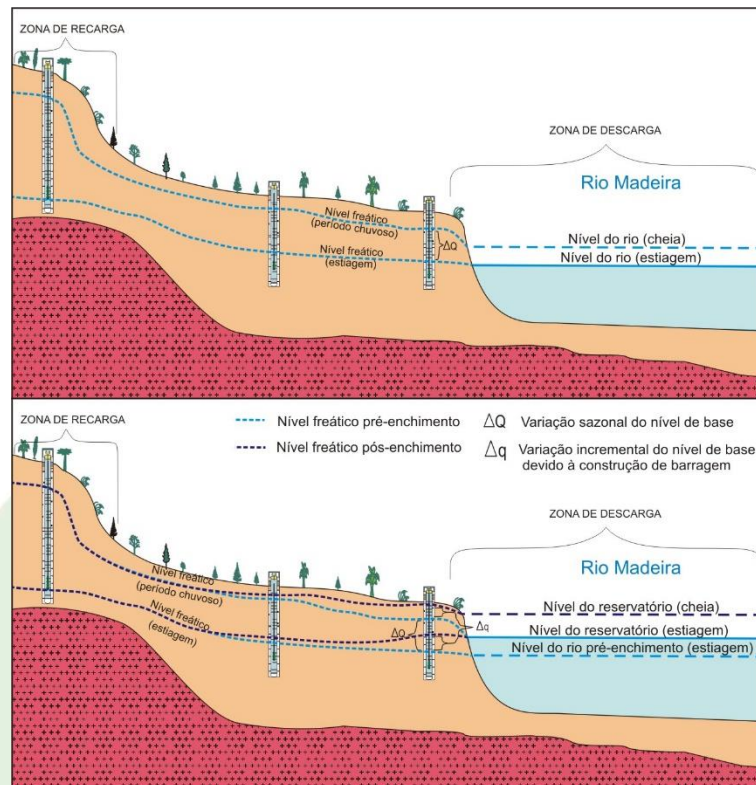


Figura 5-8 – Figura esquemática, mostrando as alterações na dinâmica do aquífero freático, devido à elevação do nível de base, devido a formação de reservatório.

Devido ao efeito de remanso, esta variação incremental do nível de base apresentará gradientes maiores próximo ao eixo da barragem, diminuindo gradativamente com distância longitudinal, em relação ao eixo da barragem.

Transversalmente ao eixo do rio, devido à um efeito semelhante ao remanso, a variação incremental será maior próximo à zona de descarga, diminuindo progressivamente na zona intermediária entre as zonas de recarga e descarga, pouco ou nada variando próximo às zonas de recarga do aquífero (**Figura 5-8**).

5.4.1 Análise integrada

Para a análise integrada da variação do nível freático, os dados dos poços de monitoramento foram organizados por períodos sazonais, tendo como marco inicial, o mês de junho de 2011, quando foi iniciado o monitoramento automático por meio de medidores automáticos (*loggers*).



Foram analisados e plotados em gráficos os seguintes períodos sazonais: junho/11 a maio/12 (pré-enchimento), junho/12 a maio/13 (1ª etapa de enchimento), junho/13 a maio/14 (2ª etapa de enchimento), e junho/14 a maio/15 (1 ano após a 2ª etapa).

Foram considerados nesta análise a distância longitudinal do poço em relação ao eixo da barragem, e a sua distância transversal em relação à zona de descarga. Foram analisados em os poços de monitoramento, PM-35 e PM-45, situado no canteiro de obras; PM-42 e PM-43, situado, longitudinalmente à cerca de 9km do eixo da barragem; PM-33 e PM-41, situados longitudinalmente a à cerca de 20km em relação do eixo da barragem, na altura da localidade de Jirau; PM-38, situado longitudinalmente à cerca de 37km do eixo da barragem, no ramal Caiçara; PM-25, situado longitudinalmente à cerca de 54km do eixo da barragem; PM-20, situado longitudinalmente à cerca de 70km do eixo da barragem no ramal Vai Quem Quer; PM-07, PM-09 e PM-11, situados longitudinalmente à cerca de 82km em relação do eixo da barragem, ao longo do ramal Primavera; PM-05, situado longitudinalmente à cerca de 88km do eixo da barragem no ramal São Sebastião próximo ao córrego do castanho; PM-01, situado longitudinalmente à cerca de 130km em relação do eixo da barragem, próximo à balsa de Abunã; PM-04, situados longitudinalmente à cerca de 140km em relação do eixo da barragem, próximo ao cemitério de Abunã.

Foram analisados também os dados de precipitação, com ênfase, para a precipitação total, registrada para os respectivos períodos chuvosos (outubro a março) e estiagem extrema (junho a agosto), ressaltando que, excetuando as áreas de recarga, que sofrem forte influência da elevação do nível do rio, o fator precipitação, e o principal indutor de alterações do nível freático.

As áreas de descargas do aquífero, são fortemente influenciadas pela elevação do nível de base (rio Madeira). Essas áreas estão situadas próximas à calha do rio, com cotas de terreno pouco elevadas em relação ao nível do rio. Nessas áreas, a principal alteração do nível freático pode ser observada no período de estiagem, onde os valores registrados após a elevação do nível de base, apresentam valores consideravelmente maiores do que os valores registrados antes das etapas de enchimento. Como principal consequência desta elevação, há uma considerável redução do volume útil do aquífero para armazenar água, tornando essas áreas suscetíveis à alagamentos.

O poço PM-35, localizado no canteiro da UHE Jirau, está situado em zona intermediária entre a recarga e descarga do aquífero. A análise do gráfico deste poço (**Figura 5-9**), mostra que os valores registrados para o período de estiagem após a 2ª etapa de enchimento (linhas laranja), pouco se alterou em relação aos períodos anteriores.

Para o período de cheia, o gráfico mostra para esta região, analisando a tendência da curva do nível freático para o período de 2014 a 2015 (maior do que o registrado na cheia histórica), uma variação proporcional à precipitação acumulada nas respectivas estações chuvosas, 2011/2012 (2.892,6mm), 2012/2013 (2.661,4mm), 2013/2014 (3.664mm) e 2014/2015 (4.104,6mm). A profundidade mínima registrada foi superior a 08 (oito) metros, mesmo durante a cheia histórica de 2013/2014.

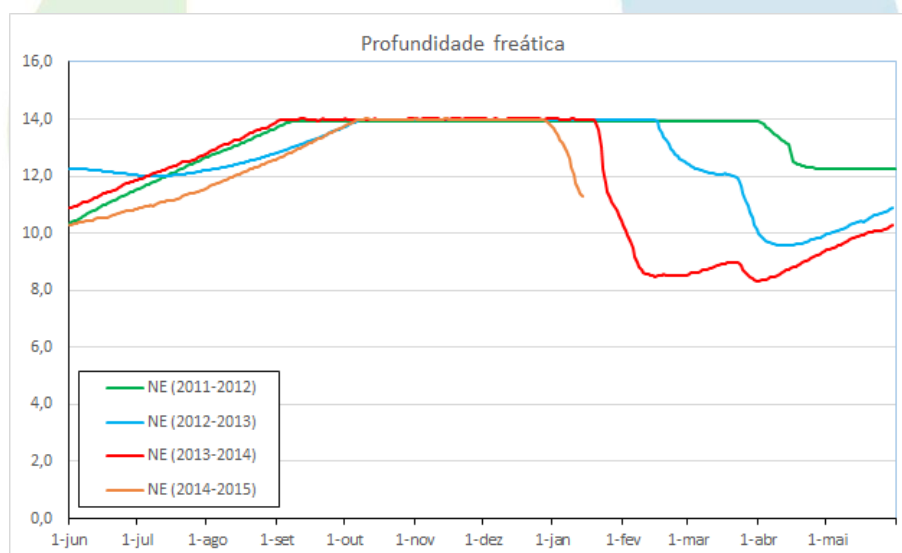


Figura 5-9 – Gráfico mostrando a variação sazonal do nível freático no PM-35, para os períodos sazonais de jun/11-mai/12, jun/12-mai/13, jun/13-mai/14, e jun/14-mai/15.

O poço PM-45, também localizado no canteiro da UHE Jirau, está situado em zona intermediária entre a recarga e descarga do aquífero, em cota inferior à do PM-35. A análise do gráfico deste poço (**Figura 5-10**), mostra uma variação entre os valores registrados para o período de estiagem após a 2ª etapa de enchimento (linhas laranja), em relação aos demais períodos.

Para o período de cheia, o gráfico mostra para esta região, uma sensível elevação do nível freático após a 2ª etapa de enchimento (linhas vermelha e laranja), mostrando uma influência da elevação do nível

de base sobre a dinâmica do freático neste ponto, cabendo destacar porém que a profundidade mínima registrada foi superior a 06 (seis) metros, mesmo durante a cheia histórica de 2013/2014.

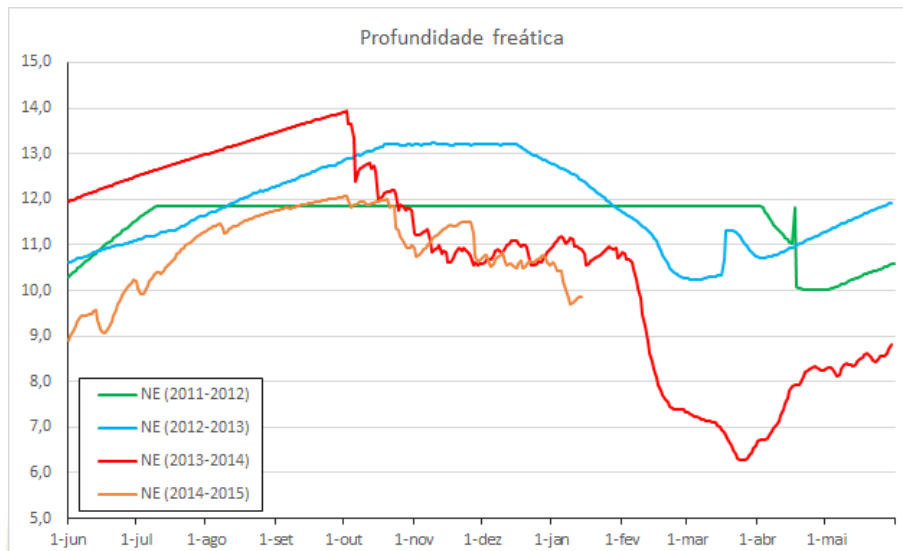


Figura 5-10 – Gráfico mostrando a variação sazonal do nível freático no PM-45, para os períodos sazonais de jun/11-mai/12, jun/12-mai/13, jun/13-mai/14, e jun/14-mai/15.

O poço PM-42 apresenta um comportamento peculiar. Este poço até a 2ª etapa de enchimento estava situado em zona intermediária entre a recarga e descarga do aquífero porém, após a 2ª etapa de enchimento e com o avanço do reservatório, ficou situado próximo à zona de descarga. A análise do gráfico do PM-42 (**Figura 5-11**) mostra claramente esta peculiaridade. Para os períodos de estiagem anteriores à 2ª etapa de enchimento (linhas verde, azul e vermelha), foi pouco afetada pela elevação do nível de base. O mesmo comportamento se reflete durante as cheias de 2011/2012 e 2012/2013 (1ª etapa de enchimento, onde a curva de elevação do nível freático (linhas verde e azul), mostram o mesmo comportamento.

Após a 2ª etapa de enchimento, pôde ser observado uma sensível alteração na dinâmica do freático, que passa a mostrar um comportamento característico da proximidade com a área de descarga. Passando a registrar profundidades bem inferiores, tanto na cheia quanto na estiagem, em relação às profundidades registradas nos mesmos períodos sazonais anteriores, registrando valores inferiores a 01 (um) metro.

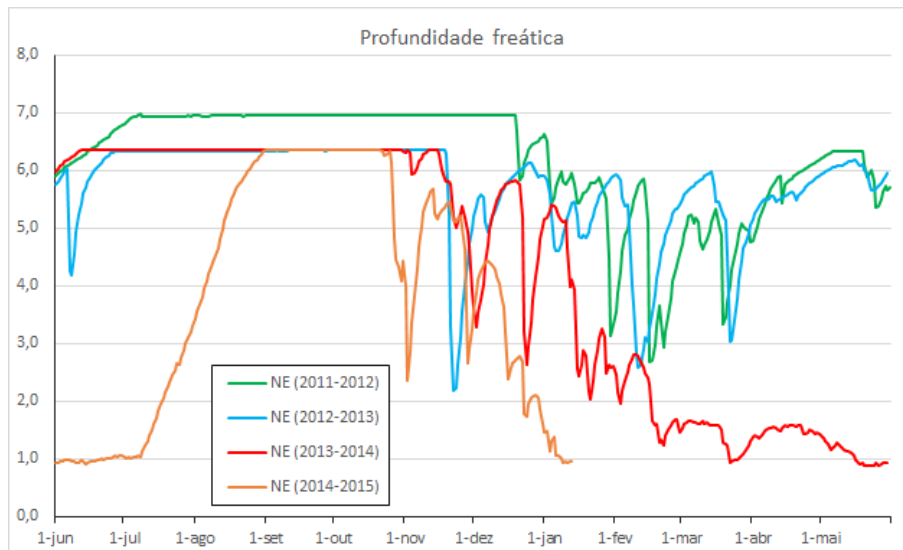


Figura 5-11 – Gráfico mostrando a variação sazonal do nível freático no PM-42, para os períodos sazonais de jun/11-mai/12, jun/12-mai/13, jun/13-mai/14, e jun/14-mai/15.

A análise do gráfico do PM-43 (**Figura 5-12**), mostra um perfil típico de poços situados próximo às zonas de recarga do aquífero, registrando pouca ou nenhuma alteração entre as curvas de rebaixamento do nível freático, entre os diferentes períodos sazonais. A dinâmica do freático não exibe nenhuma alteração após a 2ª etapa de enchimento, mostrando um comportamento similar na cheia e estiagem, em todos os períodos sazonais analisados. As profundidades máximas variam entre 08 (oito) e 09 (nove) metros, e as mínimas em torno de 02 (dois) metros, registrando profundidades menores em curtos períodos, associados à aumento da precipitação.

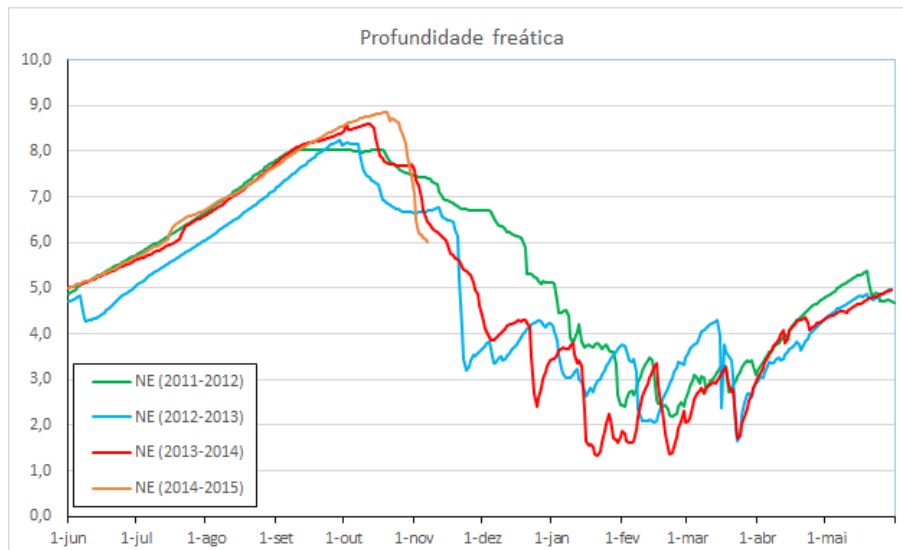


Figura 5-12 – Gráfico mostrando a variação sazonal do nível freático no PM-43, para os períodos sazonais de jun/11-mai/12, jun/12-mai/13, jun/13-mai/14, e jun/14-mai/15.

O poço PM-33, está situado em zona intermediária entre a recarga e descarga do aquífero. A análise do gráfico deste poço (**Figura 5-13**), indica pouca ou nenhuma influência da elevação do nível de base com a dinâmica do freático. Neste poço, de maneira semelhante ao observado no poço PM-43, houve pouca ou nenhuma alteração entre as curvas de rebaixamento do nível freático, entre os diferentes períodos sazonais.

Porém para todos os períodos de cheia, a curva de rebaixamento do nível freático exibe um comportamento típico de áreas potencialmente alagáveis, com nível freático pouco profundo (em torno de 01 (um) metro), durante todo o período chuvoso (outubro a março).

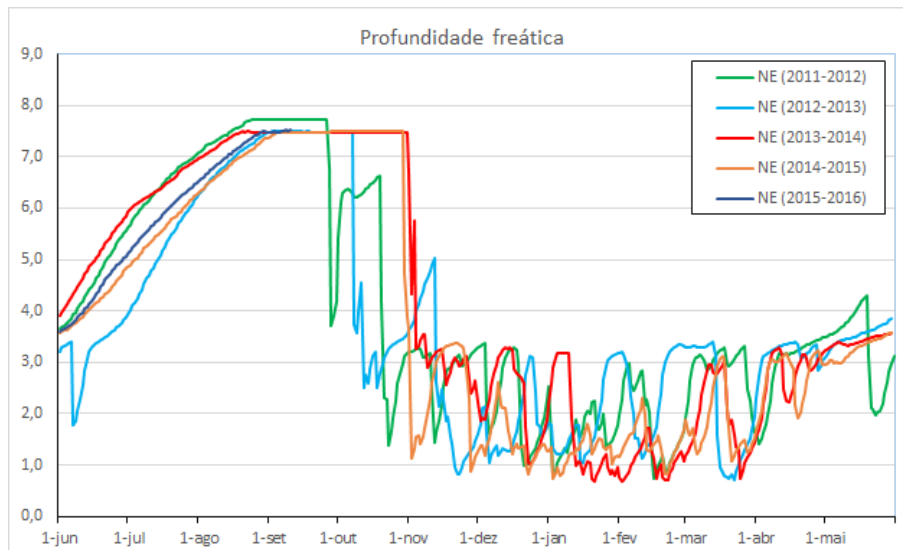


Figura 5-13 – Gráfico mostrando a variação sazonal do nível freático no PM-33, para os períodos sazonais de jun/11-mai/12, jun/12-mai/13, jun/13-mai/14, jun/14-mai/15, e jun/15-mai/16.

O poço PM-41, está situado em zona intermediária entre a recarga e descarga do aquífero, próximo à localidade de Jirau. A análise do gráfico deste poço (**Figura 5-14**), indica pouca ou nenhuma influência da elevação do nível de base com a dinâmica do freático. Os valores registrados para o período de estiagem após a 1ª e 2ª etapa de enchimento (linha vermelha, e linhas laranja e ciano respectivamente), mostram um comportamento praticamente idêntico, com pequenas variações em relação aos mesmos períodos sazonais anteriores.

O mesmo comportamento se reflete durante os períodos de cheia, com variações durante a enchente, em função da variação nos índices de precipitação. As profundidades máxima e mínima registradas apresentam valores médios de 4,2m e 2,0m, respectivamente.

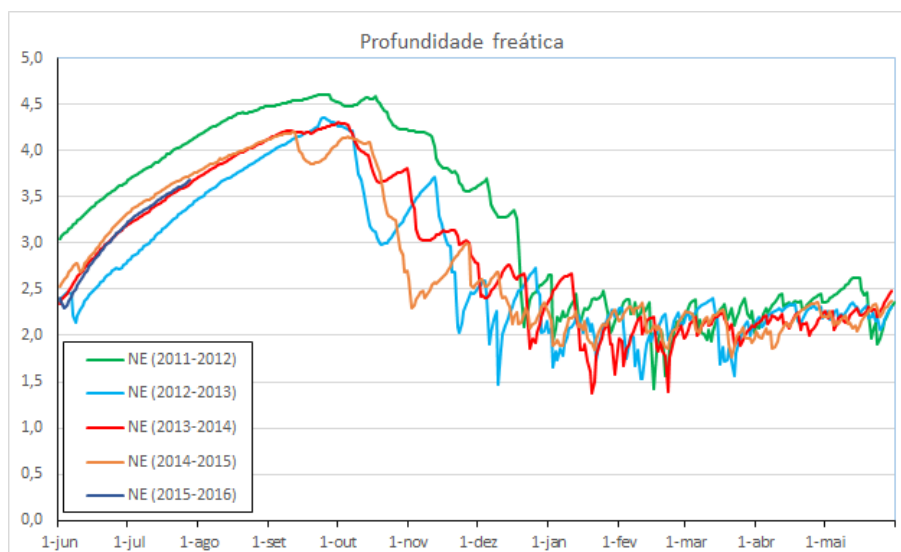


Figura 5-14 – Gráfico mostrando a variação sazonal do nível freático no PM-41, para os períodos sazonais de jun/11-mai/12, jun/12-mai/13, jun/13-mai/14, jun/14-mai/15, e jun/15-mai/16.

O poço PM-38, apresenta um comportamento similar ao PM-42. Até a 2ª etapa de enchimento, situado em zona intermediária entre a recarga e descarga do aquífero, e após a 2ª etapa de enchimento, com o avanço do reservatório, próximo à zona de descarga. A análise do gráfico (**Figura 5-11**), mostra o mesmo comportamento do PM-42. Para os períodos de estiagem anteriores à 2ª etapa de enchimento (linhas verde, azul e vermelha), pouco afetada pela elevação do nível de base. O mesmo comportamento se refletindo durante as cheias de 2011/2012 e 2012/2013 (1ª etapa de enchimento), onde a curva de elevação do nível freático (linhas verde e azul).

Assim como o PM-42, este poço, após a 2ª etapa de enchimento, registrou uma sensível alteração na dinâmica do freático, que passou a refletir um comportamento característico da proximidade com a área de descarga. Profundidades bem inferiores foram registradas, tanto na cheia quanto na estiagem, em relação às profundidades registradas nos mesmos períodos sazonais anteriores. Este poço foi submerso durante a cheia histórica de 2013/2014, registrando valores inferiores a 01 (um) metro na cheia de 2014/2015.

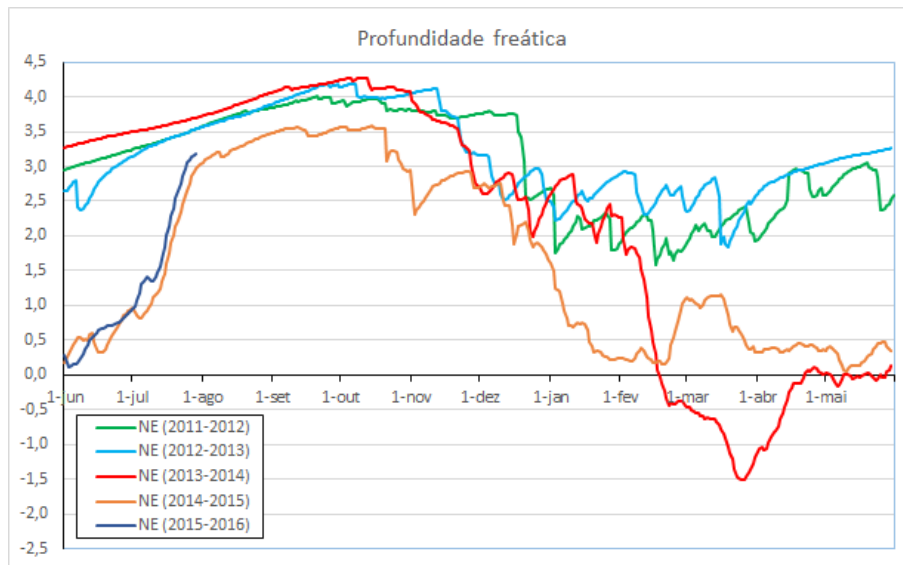


Figura 5-15 – Gráfico mostrando a variação sazonal do nível freático no PM-38, para os períodos sazonais de jun/11-mai/12, jun/12-mai/13, jun/13-mai/14, jun/14-mai/15, e jun/15-mai/16.

O poço PM-25 está situado em zona intermediária entre a recarga e descarga do aquífero. A análise do gráfico deste poço (**Figura 5-16**), indica pouca ou nenhuma influência da elevação do nível de base com a dinâmica do freático. Os valores registrados para o período de estiagem após a 1ª e 2ª etapa de enchimento (linha vermelha, e linhas laranja e ciano respectivamente), mostram um comportamento praticamente idêntico, com pequenas variações em relação aos mesmos períodos sazonais anteriores.

O mesmo comportamento se reflete durante os períodos de cheia, com pequenas variações, semelhante ao registrado no PM-41, durante a enchente, em função da variação nos índices de precipitação. As profundidades máxima e mínima registradas apresentam valores médios de 6,5m e 2,5m, respectivamente.

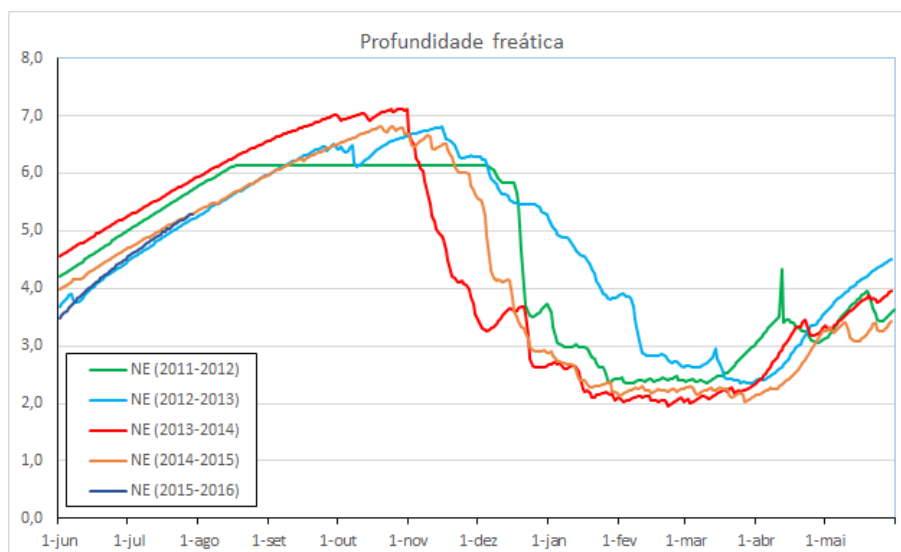


Figura 5-16 – Gráfico mostrando a variação sazonal do nível freático no PM-25, para os períodos sazonais de jun/11-mai/12, jun/12-mai/13, jun/13-mai/14, jun/14-mai/15, e jun/15-mai/16.

O poço PM-20 está situado no ramal Vai Quem Quer, próximo da zona de descarga do aquífero. A análise do gráfico deste poço (**Figura 5-17**) indicam uma forte influência da elevação do nível de base com a dinâmica do freático.

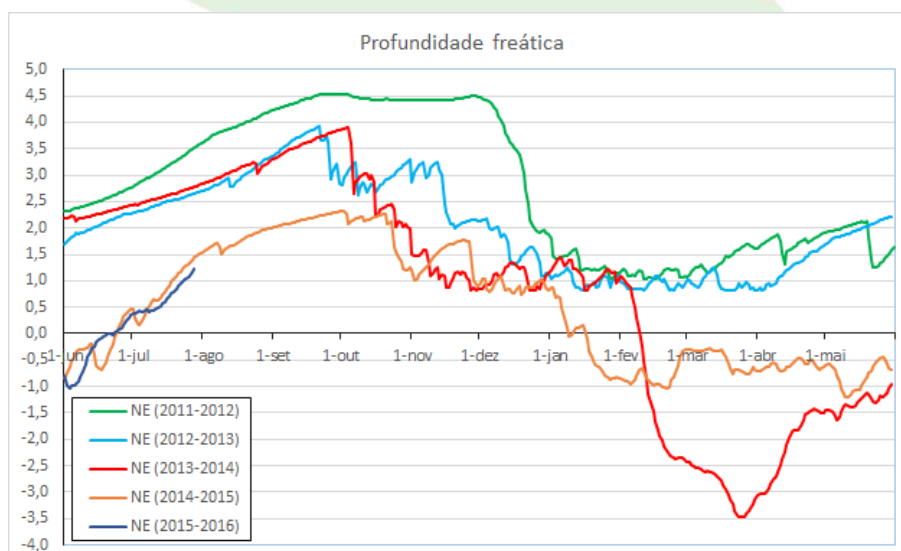


Figura 5-17 – Gráfico mostrando a variação sazonal do nível freático no PM-20, para os períodos sazonais de jun/11-mai/12, jun/12-mai/13, jun/13-mai/14, jun/14-mai/15, e jun/15-mai/16.

Os valores registrados para o período de estiagem após a 2ª etapa de enchimento (linhas laranja e ciano) mostram uma elevação do freático média de 1,5m em relação aos períodos anteriores. Em função da distância desta área ao eixo da barragem, a 1ª etapa de enchimento não registrou qualquer influência sobre a dinâmica do freático. Esta alteração se refletiu durante os períodos de cheia posteriores à 2ª etapa de enchimento, sendo este poço completamente submerso nos dois períodos de cheia posteriores à esta etapa.

As diferenças observadas entre a estiagem de 2012 e 2013 (linhas azul e vermelha), em relação à estiagem de 2011, deu-se em função do período de seca mais intenso, registrado neste ano, com precipitação acumulada no período junho/agosto de 75,2, bem inferior ao registrado na estação seca de 2012 e 2013, de 250,6 mm e 302,4 mm, respectivamente.

O poço PM-09 está situado no ramal Primavera, próximo da zona de descarga do aquífero. A análise do gráfico deste poço (**Figura 5-18**), semelhante ao registrado no PM-20, indicam uma forte influência da elevação do nível de base com a dinâmica do freático.

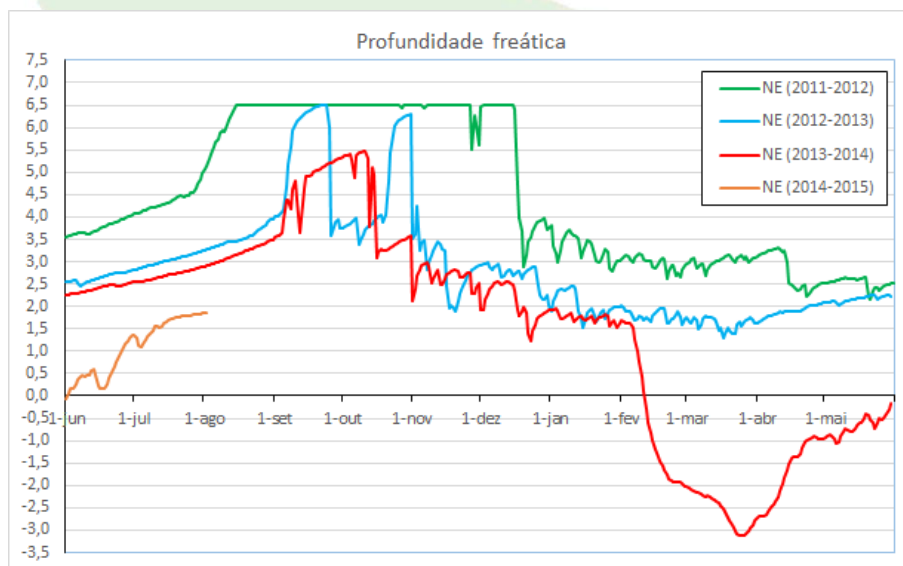


Figura 5-18 – Gráfico mostrando a variação sazonal do nível freático no PM-09, para os períodos sazonais de jun/11-mai/12, jun/12-mai/13, jun/13-mai/14, e jun/14-mai/15.

Os valores registrados para o período de estiagem após a 2ª etapa de enchimento (linhas laranja) mostram uma elevação do freático média de 1,0m em relação aos períodos anteriores. Em função da

distância desta área ao eixo da barragem, a 1ª etapa de enchimento não registrou qualquer influência sobre a dinâmica do freático. Similar ao ocorrido no PM-20, esta alteração se refletiu durante os períodos de cheia posteriores à 2ª etapa de enchimento, sendo este poço completamente submerso nos dois períodos de cheia posteriores à esta etapa.

Também como ocorrido no PM-20, as diferenças observadas entre a estiagem de 2012 e 2013 (linhas azul e vermelha), em relação à estiagem de 2011, deu-se em função do período de seca mais intenso, registrado neste ano, com precipitação acumulada no período junho/agosto de 75,2, bem inferior ao registrado na estação seca de 2012 e 2013, 250,6 mm e 302,4 mm, respectivamente.

O poço PM-11 está situado no ramal Primavera, em zona intermediária entre a recarga e descarga do aquífero. A análise do gráfico deste poço (**Figura 5-19**) indica pouca ou nenhuma influência da elevação do nível de base com a dinâmica do freático. Os valores registrados para o período de estiagem após a 1ª e 2ª etapa de enchimento (linha vermelha, e linhas laranja e ciano respectivamente), mostram um comportamento praticamente idêntico, em relação aos mesmos períodos sazonais anteriores.

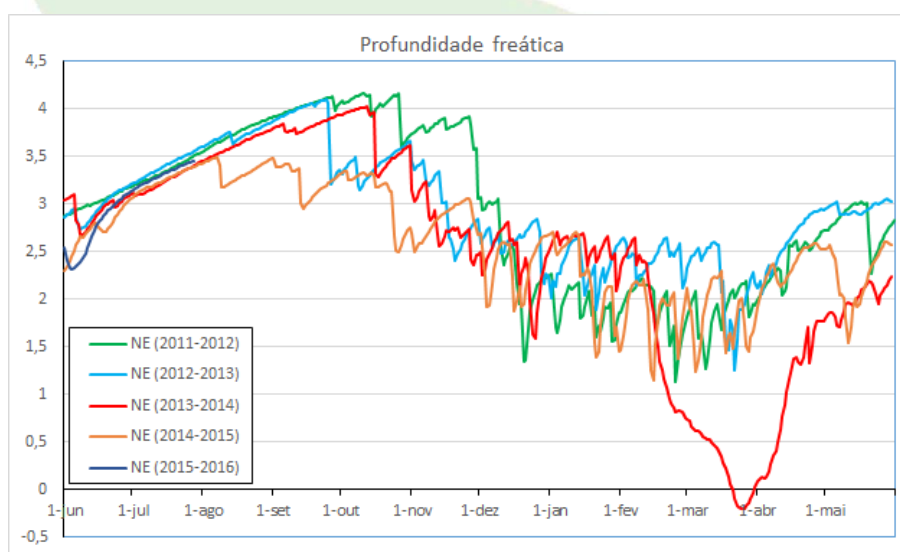


Figura 5-19 – Gráfico mostrando a variação sazonal do nível freático no PM-11, para os períodos sazonais de jun/11-mai/12, jun/12-mai/13, jun/13-mai/14, jun/14-mai/15, e jun/15-mai/16.

O mesmo comportamento, excetuando o período da cheia histórica de 2013/2014, que submergiu temporariamente o poço, se manteve constante durante a cheia de 2014/2015, com pequenas

variações, em função da variação nos índices de precipitação. As profundidades máxima e mínima registradas, apresentam valores médios de 3,7m e 2,0m respectivamente.

O poço PM-07, está situado na Fazenda Nor Brasil, próximo ao ramal Primavera, em zona intermediária entre a recarga e descarga do aquífero. A análise do gráfico deste poço (**Figura 5-20**) indica pouca ou nenhuma influência da elevação do nível de base com a dinâmica do freático.

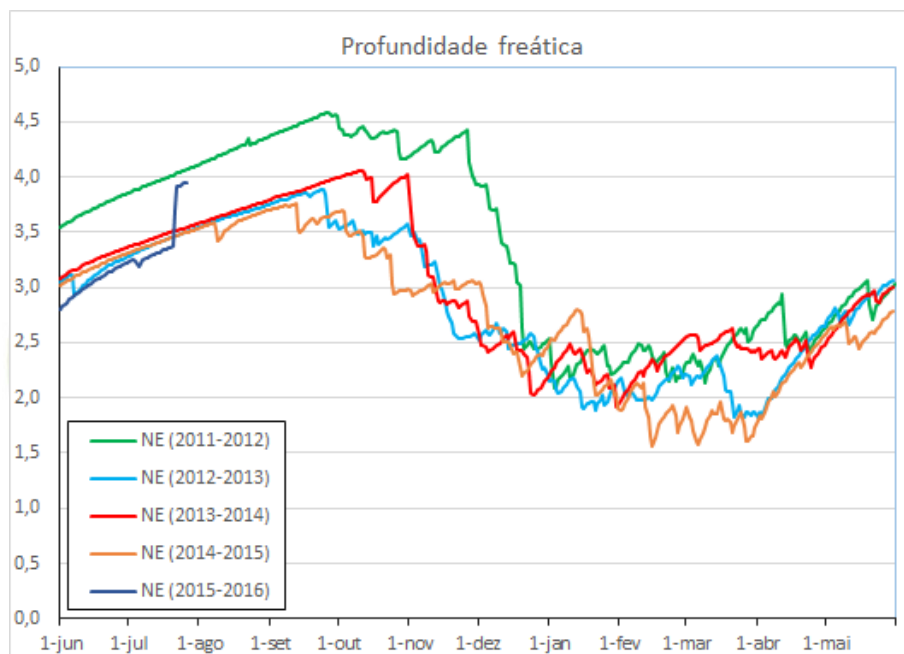


Figura 5-20 – Gráfico mostrando a variação sazonal do nível freático no PM-07, para os períodos sazonais de jun/11-mai/12, jun/12-mai/13, jun/13-mai/14, jun/14-mai/15, e jun/15-mai/16.

Os valores registrados para o período de estiagem após a 1ª e 2ª etapa de enchimento (linha vermelha, e linhas laranja e ciano respectivamente), mostram um comportamento idêntico, em relação aos mesmos períodos sazonais anteriores, apenas com uma sensível variação em relação à estiagem de 2011, devido baixa precipitação registrada neste período (75,2mm na estação seca).

O mesmo comportamento se reflete durante os períodos de cheia, com pequenas variações, em função dos diferentes índices de precipitação registrados nos respectivos períodos. As profundidades máxima e mínima registradas, apresentam valores médios de 4,0m e 2,2m respectivamente.

O poço PM-05 está situado no ramal São Sebastião, em zona intermediária entre a recarga e descarga do aquífero. Esta área se caracteriza por ser uma área naturalmente alagável, apresentando durante a estação chuvosa, o nível freático bem raso, apresentando uma curva de rebaixamento mais suave, em função da baixa permeabilidade do aquífero.

A análise do gráfico deste poço (**Figura 5-21**), mostra que os valores de nível freático registrados para o período de cheia, em todas as etapas, apresentam um comportamento semelhante, sendo caracterizado pela pouca profundidade, em geral abaixo de 1m.

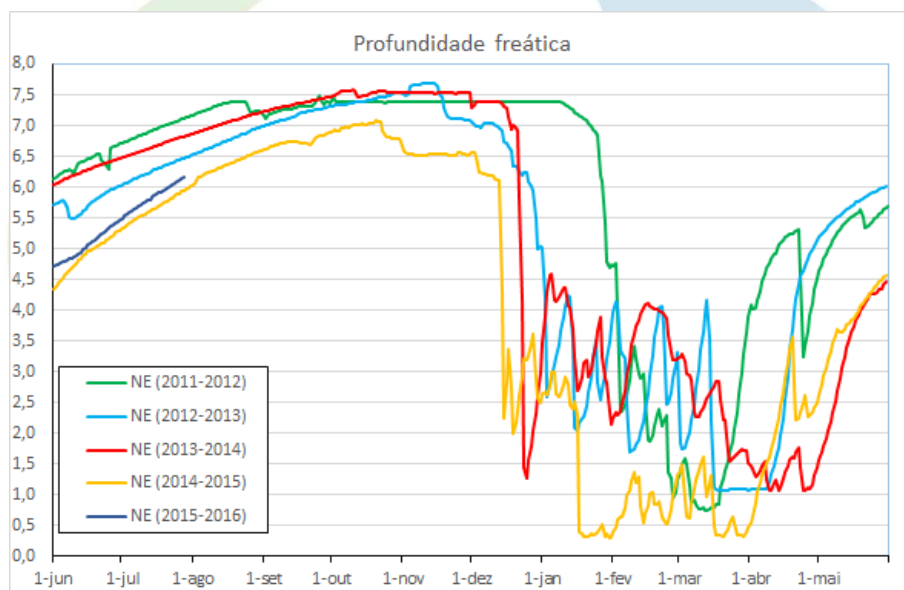


Figura 5-21 – Gráfico mostrando a variação sazonal do nível freático no PM-05, para os períodos sazonais de jun/11-mai/12, jun/12-mai/13, jun/13-mai/14, jun/14-mai/15, e jun/15-mai/16.

Para o período de estiagem, gráfico mostra uma pequena elevação do nível freático, no período de estiagem, após a 2ª etapa de enchimento (linha laranja), registrando um valor de profundidade máxima em torno 0,5m inferior ao registrado nos demais períodos. Cabe ressaltar esta estação seca (junho a agosto de 2014), registrou os maiores índices de precipitação, em relação aos mesmos períodos sazonais anteriores, com valores acumulados de 347,7mm.

Embora as variações dos gradientes de precipitação sejam o principal fator relacionado à alterações na dinâmica do nível freático, essas áreas, em função da baixa permeabilidade, são particularmente

sensíveis à ocorrência de efeitos acumulativos da elevação de nível de base após sucessivos ciclos sazonais.

O poço PM-01, localizado na margem esquerda do rio Madeira, próximo à balsa de Abunã, está situado próximo à zona de descarga do aquífero. A análise do gráfico deste poço (**Figura 5-22**) mostra uma sensível variação entre os valores registrados para o período de estiagem após a 2ª etapa de enchimento (linhas laranja e ciano), em relação aos demais períodos.

Para o período de cheia, o gráfico mostra para esta região uma sensível elevação do nível freático após a 2ª etapa de enchimento (linhas vermelha e laranja), mostrando uma influência da elevação do nível de base sobre a dinâmica do freático neste ponto. Cabe destacar que a profundidade mínima registrada, excetuando a cheia histórica de 2013/2014, não foi inferior a 06 (seis) metros.

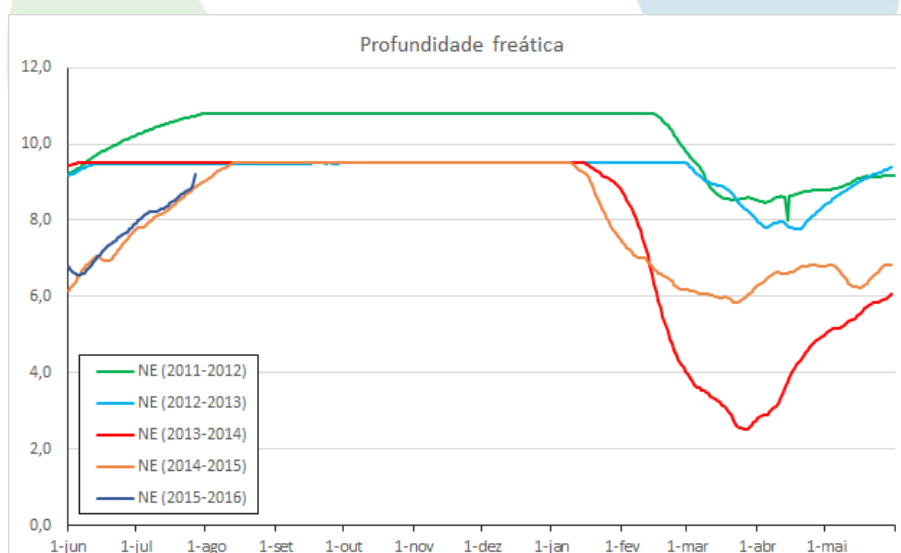


Figura 5-22 – Gráfico mostrando a variação sazonal do nível freático no PM-01, para os períodos sazonais de jun/11-mai/12, jun/12-mai/13, jun/13-mai/14, jun/14-mai/15, e jun/15-mai/16.

O poço PM-04, localizado junto ao cemitério de abunã, está situado próximo à zona de descarga do aquífero, em cota inferior a cota do PM-01. A análise do gráfico deste poço (**Figura 5-23**), mostra uma variação entre os valores registrados para o período de estiagem após a 2ª etapa de enchimento (linhas laranja), em relação aos demais períodos.

Para o período de cheia, o gráfico mostra para esta região, embora não seja registrado, excetuando a cheia histórica, nenhuma elevação considerável do nível freático, o gráfico mostra a influência da elevação do nível de base, sobre a dinâmica do freático, evidenciada pelo período com nível freático inferior a 02 (dois) metros, que passa de 01 (um) mês antes da 1ª etapa de enchimento, para períodos superiores à 03 (três) meses após esta etapa de enchimento.

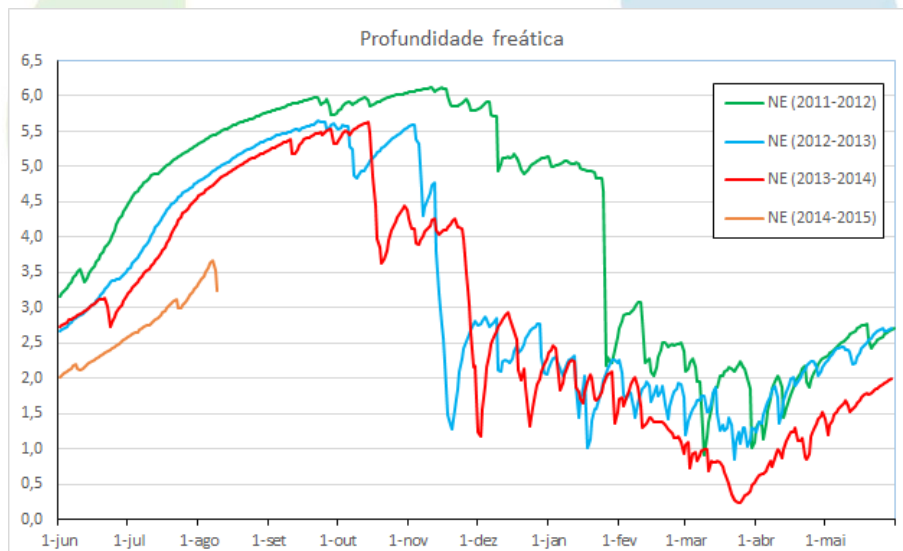


Figura 5-23 – Gráfico mostrando a variação sazonal do nível freático no PM-04, para os períodos sazonais de jun/11-mai/12, jun/12-mai/13, jun/13-mai/14, e jun/14-mai/15.

6 INDICADORES

O **Quadro 6-1** apresenta o *status* de atendimento aos indicadores de desempenho do programa.

Quadro 6-1 – *Status* de atendimento aos indicadores de desempenho.

INDICADORES	STATUS	ANÁLISE DO ATENDIMENTO
Realização de campanhas trimestrais de medição do nível freático na fase de pré-enchimento.	Atendido	Com a instalação do sistema de medição automático, o monitoramento foi contínuo, sendo coletadas leituras diárias da profundidade do nível freático durante a etapa de pré-enchimento.
Durante o enchimento do reservatório, realizar uma campanha de monitoramento em alguns MNAs e PMs a ser selecionados com base na campanha de monitoramento antes do enchimento.	Atendido	Com a instalação do sistema de medição automático, o monitoramento foi contínuo, sendo coletadas leituras diárias da profundidade do nível freático durante toda a etapa de enchimento.
Após o enchimento, a periodicidade será mensal, durante o primeiro ano após o enchimento, trimestral durante os dois anos subsequentes, e semestrais durante o último ano.	Em atendimento	Com a instalação do sistema de medição automático, o monitoramento foi contínuo no primeiro ano após o enchimento. Durante o segundo ano, devido ao final da vida útil dos equipamentos, cerca de 70% dos medidores não estão funcionais e serão todos substituídos, sendo restabelecido desta forma, o sistema de monitoramento contínuo até a finalização do programa.
Realizar as campanhas de coleta de água para o monitoramento da qualidade da água subterrânea, concentradas na região de Mutum-Paraná. Será monitorado um ano antes do enchimento do reservatório	Em atendimento	Foram realizadas na etapa de pré-enchimento as duas campanhas de amostragem previstas no PBA. Para a etapa de pós-enchimento foram realizadas as duas campanhas referentes

<p>e 4 anos no pós-enchimento. As coletas serão semestrais.</p>		<p>aos dois primeiros anos de operação. Cabe destacar, que em função do enchimento do reservatório, só é possível a realização de amostragem no período de estiagem, pois durante a cheia os 03 (três) poços estão cobertos pelo reservatório.</p>
---	--	--

7 INTERFACES

O **Quadro 7-1** apresenta, de forma sucinta, as interfaces elencadas no PBA da UHE Jirau e o *status* quanto ao seu atendimento.

Quadro 7-1– *Status* de atendimento às propostas de interface com outros programas.

PROGRAMAS DE INTERFACE	PROPOSTA	STATUS DE ATENDIMENTO
<p>Programa de Monitoramento Climatológico</p>	<p>Intercâmbio de informações que permitem uma análise integrada com os demais dados levantados pelo programa de monitoramento do lençol freático</p>	<p>Os dados de precipitação levantados pelo Programa de Monitoramento Climatológico são amplamente utilizados na execução do presente Programa, permitindo uma perfeita análise integrada dos dados diretamente relacionados às alterações de dinâmica do nível freático.</p>
<p>Plano de Uso do Entorno do reservatório</p>	<p>Compartilhar dados e fornecer informações que subsidiem e orientem a implementação de programas das diretrizes de uso e ocupação do entorno</p>	<p>O banco de dados com as informações de profundidade do nível freático registradas nas 12 campanhas de monitoramento, já está disponibilizado em planilha Excel. Essas informações serão disponibilizadas também em ambiente GIS e Google Earth.</p>



Programa de Conservação da Flora (Subprograma de Revegetação da APP do Reservatório)	Compartilhar dados e fornecer informações que subsidiem e orientem a implementação de programas de revegetação, uma vez que a ocorrência de inundáveis poderá comprometer a implementação deste programa	O banco de dados com as informações de profundidade do nível freático registradas nas 12 campanhas de monitoramento, já está disponibilizado em planilha Excel. Essas informações serão disponibilizadas também em ambiente GIS e Google Earth.
Programa de Pontos Propensos à Instabilização de Encostas e Taludes Marginais	Compartilhar dados e fornecer informações que subsidiem e orientem a implementação de programa. A elevação do nível freático pode acarretar processos instabilizatórios em taludes marginais	O banco de dados com as informações de profundidade do nível freático registradas nas 12 campanhas de monitoramento, já está disponibilizado em planilha Excel. Essas informações serão disponibilizadas também em ambiente GIS e Google Earth.
Programa de Comunicação Social	Compartilhar dados e fornecer informações que subsidiem e orientem a implementação de Programa de Comunicação Social.	O banco de dados com as informações de profundidade do nível freático registradas nas 12 campanhas de monitoramento, já está disponibilizado em planilha Excel. Essas informações serão disponibilizadas também em ambiente GIS e Google Earth.

8 ATENDIMENTO AO CRONOGRAMA

O cronograma do Programa de Monitoramento do Lençol Freático, juntamente com o *status* de atendimento do mesmo encontra-se apresentado no **Quadro 8-1**.

Quadro 8-1 – Cronograma de atividades do Programa de Monitoramento do Lençol Freático.

Item	Atividade	P/R	2012				2013				2014				2015				2016			
			T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE PONTOS PROPENSOS À INSTABILIZAÇÃO DE ENCOSTAS E TALUDES MARGINAIS																						
1	Emissão da Licença de Operação (LO nº 1097/2012) - 19/10/2012	P																				
		R																				
2	Enchimento do Reservatório	P																				
		R																				
3	Monitoramento do nível do lençol freático	P																				
		R																				
4	Monitoramento da qualidade da água subterrânea	P																				
		R																				
5	Manutenção e reconstrução da rede de monitoramento	P																				
		R																				
6	Reequipamento da rede de monitoramento (sistema de medição automática)	P																				
		R																				
7	Relatório Semestral de LO	P																				
		R																				



9 CONCLUSÕES E PROPOSTAS PARA A FASE PÓS-RENOVAÇÃO DA LO

Os resultados consolidados obtidos para a fase de operação realizadas, corroboraram os resultados preliminares obtidos a partir dos dados levantados nas 07 (sete) campanhas trimestrais de monitoramento da fase rio, realizadas no período de fevereiro de 2011 a outubro de 2012.

A análise integrada dos dados de nível freático com os dados de precipitação, indicaram que as variações no gradiente de rebaixamento do nível freático ocorrem principalmente como resposta à redução/aumento dos índices da precipitação pluviométrica.

Os resultados confirmaram também os prognósticos referentes ao comportamento da dinâmica do nível freático, indicando que a forte influência do regime de enchente-vazante do rio Madeira sobre o comportamento da dinâmica do nível freático, foi diretamente afetado pela elevação do nível de base ocorrido com a formação do reservatório, nas áreas situadas próximas à zona de descarga do aquífero.

Os resultados indicaram também uma atenuação deste efeito, mesmo nas áreas de descarga, proporcional à distância longitudinal ao eixo da barragem. A mesma atenuação progressiva pode ser observada à medida que aumenta a distância em relação à zona de descarga, sendo o mesmo efeito desprezível nos poços situados próximo às áreas de recarga.

A análise dos dados dos poços PM-05 e PM-33, indicaram que essas duas áreas são naturalmente alagáveis. Nestas áreas, embora não tenham ocorrido elevações significativas do lençol freático, após o início da operação, foi observado um considerável aumento no período com nível freático raso (inferior à 1 metro), indicando serem áreas potencialmente suscetíveis à alterações da dinâmica do freático, provocado por efeitos acumulativos, durante sucessivos ciclos sazonais.

Com base nos laudos laboratoriais desta 4ª campanha de amostragem, ficou constatado, analiticamente, que a amostra de água subterrânea coletada no PM-15 apresenta concentrações acima do permitido para os parâmetros alumínio e ferro. A amostra de água subterrânea coletada no PM-16 e PM-26 apresentou concentrações acima do permitido apenas para o parâmetro ferro.

Uma análise comparativa entre as três campanhas anteriores, duas campanhas realizadas na fase de preenchimento do reservatório (maio/2011 e novembro/2011) e 1ª campanha realizada na fase de operação (outubro/2014), com os resultados da 2ª campanha da fase de operação (dezembro/2015), indicou a



presença de 02 (dois) parâmetros com concentrações acima do Valor Máximo Permitido (VMP) constantes da Resolução CONAMA nº 396/2008, sendo alumínio e ferro, presentes nas campanhas anteriores.

Para os demais parâmetros, que apresentaram concentrações acima do Valor Máximo Permitido (VMP), nas campanhas anteriores (bário, chumbo, manganês, níquel e coliformes), os resultados das análises realizadas após o 1º ano de operação indicaram concentrações abaixo do Valor Máximo Permitido (VMP). Esses resultados mostram uma forte influência da formação do reservatório, indicando que recarga constante de água a partir do reservatório, durante o período de cheia, quando os três poços de monitoramento ficam cobertos pelas águas, contribuiu para a sensível diminuição nas concentrações desses parâmetros.

Cabe ressaltar que há um estudo de avaliação geoquímica realizado pela equipe do Grupo Química Analítica Ambiental (Instituto de Química – UNESP), com o objetivo investigar e determinar possíveis causas para a ocorrência de metais, especialmente chumbo, em concentrações acima do valor máximo permitido para consumo humano constantes da Resolução CONAMA nº 396/2008. Este estudo realizado em agosto/setembro de 2011 e protocolado como anexo do 5º Relatório Semestral da LI nº 621/2009, em dezembro de 2011, indicou para a região que as concentrações de metais, particularmente o chumbo, estão associadas ao material finamente particulado, sendo oriundo de ocorrência natural no solo em função de sua composição mineralógica (concentração basal).

Para o parâmetro ferro, as evidências levantadas em campo já indicavam como causas naturais as altas concentrações encontradas, como pode ser observado pela rápida formação de crosta ferruginosa no medidor (*levellogger*) instalado no PM-11, situado em área rural, menos de 06 (seis) meses após a sua instalação (**Foto 9-1**).



Foto 9-1 – Formação de crosta ferruginosa em medidor (*levellogger*).

Com base nos resultados consolidados, a equipe técnica propõe para fase pós-renovação da Licença de Operação do empreendimento uma readequação na rede de monitoramento (**Figura 9-1**). Esta readequação permitirá a otimizar a rede atual, priorizando as áreas identificadas como mais sensíveis à alterações do nível freático.

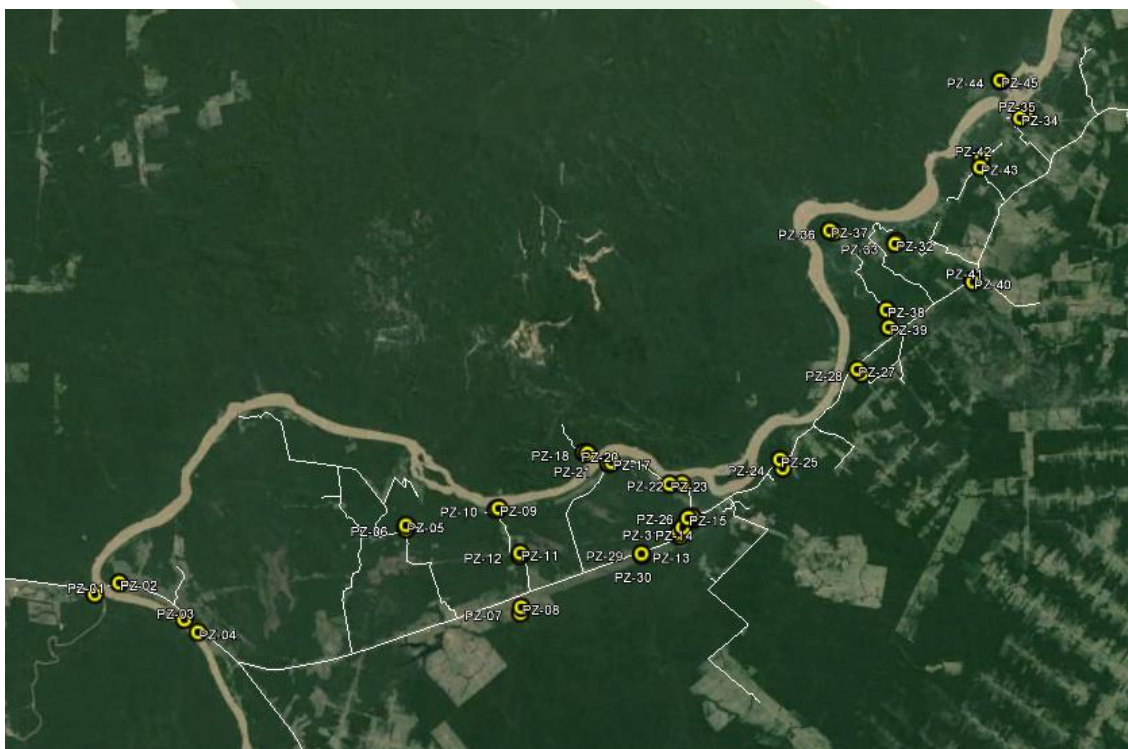


Figura 9-1 – Rede de monitoramento atual.

A proposta de readequação contempla a desativação dos poços de monitoramento PZ-02, PZ-06, PZ-12, PZ-13, PZ-14, PZ-17, PZ-20, PZ-21, PZ-24, PZ-25, PZ-27, PZ-28, PZ-31, PZ-32, PZ-34, PZ-35, PZ-37, PZ-40, PZ-42 e PZ-43. Os poços de monitoramento PZ-15, PZ-16 e PZ-26, serão utilizados apenas para o monitoramento da qualidade da água, conforme previsto originalmente no PBA.

A nova rede de monitoramento proposta contemplará seis seções de poços perpendiculares ao eixo do rio Madeira, incluindo uma seção de piezômetros que deverá ser instalada ao longo do ramal Santo Antônio. A rede contemplará também duas seções de poços paralelas ao eixo da rodovia BR-364, uma no trecho situado entre a antiga localidade de Mutum Paraná e o ramal Primavera e a segunda na localidade de Abunã (**Figura 9-2**).



Figura 9-2 – Rede de monitoramento proposta para a fase de pós renovação da LO.

A nova rede de monitoramento será composta de 03 (três) poços de monitoramento da qualidade da água e 37 poços de monitoramento de profundidade do lençol freático, sendo que para o monitoramento da qualidade da água serão utilizados os poços já existentes PZ-15, PZ-16 e PZ-26, situados na antiga localidade de Mutum Paraná.



Para a rede de monitoramento de profundidade do lençol freático serão utilizados 11 poços de monitoramento da rede atual, sendo os poços PZ-01, PZ-03, PZ-04, PZ-05, PZ-07, PZ-11, PZ-29, PZ-33, PZ-36, PZ-38 E PZ-41; e os 11 poços da rede antiga, reconstruídos em novembro de 2015, sendo os poços PZ-08, PZ-09, PZ-10, PZ-18, PZ-19, PZ-22, PZ-23, PZ-30, PZ-39, PZ-44 E PZ-45. Para complementar esta rede serão construídos 15 poços de monitoramento adicionais, 06 (seis) ao longo do ramal Santo Antônio, 02 (dois) próximos à BR-425 (trecho novo e antigo), 03 (três) no ramal Rio Madeira, 02 (dois) próximos à localidade de Jirau e 04 (quatro) em seção no Canteiro de Obras da UHE Jirau. Todos os piezômetros serão equipados com medidores automáticos.

Para a fase pós-renovação da Licença de Operação nº 1097/2012, a equipe técnica, responsável pelo presente Programa propõem a continuidade da vistoria anual, contemplando duas vistorias nos dois primeiros anos após a renovação da Licença, realizadas no início do período de estiagem, sendo os resultados consolidados apresentados em relatórios anuais. Após o 2º ano, não sendo observado a ocorrência de nenhuma alteração significativa na dinâmica do lençol freático, propõe-se a finalização do programa.

Para o Monitoramento da qualidade da água, a equipe técnica propõe a manutenção do monitoramento anual por mais dois anos, conforme previsto no PBA, porém restringido as análises aos parâmetros que apresentaram concentrações acima dos valores de referência nas quatro campanhas de amostragem realizadas ao longo deste Programa, sendo eles: alumínio, chumbo, manganês, níquel e coliformes termotolerantes, incluindo também os parâmetros bário, mercúrio e zinco.

9.1 PROPOSTA DE CRONOGRAMA PARA A FASE PÓS-RENOVAÇÃO DA LO

A proposta de cronograma do Programa de Monitoramento do Lençol Freático para a fase de pós-renovação da LO encontra-se apresentado no **Quadro 9-1**.

Quadro 9-1– Proposta de cronograma de atividades do Programa de Monitoramento do Lençol Freático.

Item	Atividade	P/R	2016				2017				2018				2019				2020			
			T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE PONTOS PROPENSOS À INSTABILIZAÇÃO DE ENCOSTAS E TALUDES MARGINAIS																						
1	Renovação da Licença de Operação (LO nº 1097/2012) - 19/10/2012	P	■	■																		
		R																				
2	Campanha de monitoramento do nível do lençol freático	P			■				■	■												
		R																				
3	Campanha de monitoramento da qualidade da água subterrânea	P			■				■													
		R																				
4	Relatório Anual de LO	P		■	■	■	■															
		R																				
5	Relatório de encerramento do Programa	P																				
		R																				

■ Previsto

■ Realizado

10 EQUIPE TÉCNICA

O **Quadro 10-1** apresenta a equipe técnica responsável pela execução do programa.

Quadro 10-1– Equipe técnica responsável pela execução do programa

NOME	CARGO	CTF/ÓRGÃO DE CLASSE	ASSINATURA
Marcelo Villela da Costa Braga	Coordenador do Projeto	2001103805 CREA/RJ	
Davi Schulmann Miguens	Geoprocessamento	IBAMA 5325868	

11 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ESBR - Energia Sustentável do Brasil. 2010. Projeto Básico Ambiental - PBA. GOMES, E.; PESSOA, L. M. C.; SILVA JUNIOR, L. B. S. Medindo imóveis rurais com GPS. Brasília: Comunicação, 2001. 136 p.

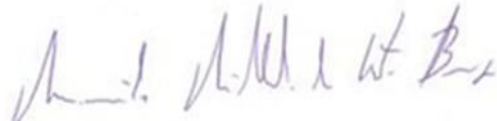
FEITOSA, A. C. F. FILHO, J. M. Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações. Serviço Geológico Brasileiro-CPRM, LABHID-UFPE. Fortaleza, 1997. 412 p.

SEDAM – Secretaria de Estado de Desenvolvimento Ambiental. Disponível em <<http://www.sedam.ro.gov.br/>> Acesso em 10/05/2013.

TUCCI, C.E.M. Análise dos Estudos Ambientais do Rio Madeira. MMA-IBAMA. 2007. Disponível em <http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/Dossie/Mad/Documentos%20Oficiais/Al%20Sultan%20report/sultan_relatorio_tucci.pdf>. Acesso em: 10/05/2013.



Rio de Janeiro, 01 de maio de 2016



Marcelo Villela da Costa Braga

ESTRATÉGIA GEOLOGIA E MEIO AMBIENTE



ANEXO I – Laudos Analíticos





ANEXO II – Gráficos de Profundidade do Freático e Carga Hidráulica dos Poços de Monitoramento

