



**CBH-PARAÓPEBA**

Deliberação Nº 05 de 19 de setembro de 2023 - Ad Referendum do CBH-Paraopeba

## **GT DE OUTORGA**

### **RELATÓRIO GT DE OUTORGA** **Nº 01/2023**

#### **RELATÓRIO DO GT**

|   |
|---|
| <b>Assunto:</b> Processo de Outorga para Captação em Barramento em curso de água, com regularização de vazão, com área máxima inundada maior que 5,00 hectares. |
| <b>Processo de Outorga nº</b> 22526/2017– <b>SEI nº</b> 2240.01.0005851/2023-47   |
| <b>Requerente:</b> CRP Agropecuária LTDA – <b>CNPJ nº</b> 11.940.927/0001-28  |
| <b>Finalidade:</b> Regularização de vazão do barramento B3 e Irrigação  |

#### **1. Informações Gerais**

A empresa CRP Agropecuária Ltda solicitou uma outorga para regularizar a captação de água e a vazão do barramento denominado B03, localizado no Córrego do Riacho, no município de Curvelo/MG. O barramento possui uma área superior a 5 hectares e já existe, assim como a captação.

Para a análise deste processo, realizamos uma visita técnica em 27 de setembro de 2023 ao empreendimento com o propósito de avaliar a situação real do projeto técnico de outorga aprovado pelo IGAM. Na visita estiveram presentes os conselheiros do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba – SF3, incluindo o Sr. **Adriel Andrade Palhares**, relator deste parecer e representante da Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais (FIEMG), o Sr. **José Antonio da Cunha Melo** (representante da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES) e o Sr. **Leonardo Lara** (Representante da Prefeitura Municipal de Betim/MG). Pela CRP Agropecuária Ltda, estiveram presentes o Sr. **Fidel Campos Reis** (Diretor – Sócio Administrador), o Sr. **Allan Augusto Damacena** (Analista Ambiental) e o Sr. **Arnaldo da Silva Lourenço** (Empresa de Engenharia Civil Terceirizada). Como a empresa não possui um escritório na fazenda onde ocorre a captação, realizamos uma reunião preliminar no



**CBH-PARAÓPEBA**

**Deliberação Nº 05 de 19 de setembro de 2023 - Ad Referendum do CBH-Paraopeba**

## **GT DE OUTORGA**

restaurante “Nossa Senhora”, localizado na Rua Joaquina do Pompeu – MG 420, Boa Esperança, Curvelo/MG – CEP: 35.790-000.

Inicialmente, os conselheiros do CBH contextualizaram sobre o processo de outorga e esclareceram dúvidas específicas sobre o projeto analisado e já aprovado pelo IGAM. Os representantes da CRP responderam às questões iniciais, e em seguida, nos deslocamos para o local para uma avaliação de campo.

Ao término da visita técnica, realizamos um alinhamento sobre as etapas subsequentes necessárias para a aprovação do processo de outorga de grande porte em CBH's. Isso foi feito para garantir que a empresa esteja ciente das próximas etapas, atenda a todas as solicitações da câmara técnica, quando necessário, e compareça à plenária de aprovação quando convocada.



**CBH-PARAÓPEBA**

Deliberação Nº 05 de 19 de setembro de 2023 - Ad Referendum do CBH-Paraopeba

## **GT DE OUTORGA**

### **2. Do Projeto Técnico de Outorga (CRP Agropecuária)**

O empreendimento CRP Agropecuária Ltda, identificado pelo CNPJ nº 11.940.927/0001-28, está envolvido na prática de cultivo de cereais, incluindo feijão, milho, soja, e outras culturas.

Essas atividades são realizadas na Fazenda Primavera, situada na Zona Rural e no distrito de Angueretá, no município de Curvelo/MG, com uma extensão total de 643,71 hectares.

O cultivo de cereais é realizado em 04 (quatro) pivôs que são equipados com um sistema de irrigação central por meio de aspersão. A captação de água e a regularização de vazão ocorrem no Córrego do Riacho, um afluente do Rio Paraopeba, nas coordenadas geográficas latitude: 19°11'3.8"S e longitude: 44°39'8.5"W.

A Fazenda Primavera possui um sistema composto por sete barramentos (B01, B02, B03, B04, B05, B06 e B07) que já foram instalados e também serão submetidos ao processo de regularização junto ao IGAM. No entanto, o presente processo se refere exclusivamente ao barramento B03. A figura a seguir, extraída do relatório técnico disponibilizado pelo IGAM ilustra o sistema de cultivo e barramentos implantados.



**CBH-PARAÓPEBA**

Deliberação Nº 05 de 19 de setembro de 2023 - *Ad Referendum* do CBH-Paraopeba

## **GT DE OUTORGA**

*Figura 1 - Sistema de cultivo e barramentos implantados na Fazenda Primavera.*



Fonte: Adaptado do relatório técnico de outorga disponibilizado pelo IGAM. 2023.

Com o intuito de regularizar e manter a continuidade de suas atividades produtivas, a CRP Agropecuária Ltda apresentou uma solicitação ao IGAM em 2017, por meio do processo administrativo nº 22526/2017, para obter uma outorga que regularize a vazão do barramento B3 e a captação correspondente de água destinada à utilização nos pivôs de irrigação.

Para cumprir esse objetivo, foi contratado um profissional de engenharia responsável pela



## **GT DE OUTORGA**

elaboração do processo de outorga, em conformidade com os termos de referência estabelecidos pelo IGAM, para a modalidade de uso (Tipo de Intervenção) denominada 04 - Captação em barramento em curso de água, com regularização de vazão, com área máxima inundada superior a 5,00 hectares.

### **O processo abordou os seguintes aspectos:**

- ✓ Justificativa da intervenção e da vazão requerida;
- ✓ Memorial de cálculo da vazão disponível e da vazão residual;
- ✓ Simulação hidrológica da operação diária do reservatório;
- ✓ Dimensionamento hidráulico da estrutura de descarga de fundo;
- ✓ Balanço hídrico da bacia e do empreendimento;
- ✓ Estudo de chuvas intensas;
- ✓ Estimação da vazão de projeto e descrição da estrutura de vertimento;
- ✓ Verificação da capacidade hidráulica da estrutura implantada, com a aplicação de equações matemáticas e modelagem em programas computacionais.
- ✓ Esses detalhes foram abordados no processo de outorga com o objetivo de assegurar a regularização adequada do uso de recursos hídricos para as atividades agrícolas da CRP Agropecuária Ltda.

### **O processo concluiu sobre os seguintes aspectos:**

#### **a) Vazão Solicitada para Captação**

A vazão total captada será de 0,784 m<sup>3</sup>/s. Desse total 0,476 m<sup>3</sup>/s será destinado a barragem B01 para atendimento aos (pivôs 23 e 24) que possuem área irrigada de 228,18 ha e o restante, cerca de 0,308 m<sup>3</sup>/s serão destinados a irrigação dos (pivôs 21 e 22) que possuem área irrigada de 218,7 ha.



## GT DE OUTORGA

A metodologia adotada para o cálculo da vazão de referencia (Q7,10) foi a disponibilizada pela COPASA e Hidrossistemas - Deflúvios Superficiais do Estado de Minas Gerais e dados do projeto técnico de irrigação. Ambas as memórias de cálculo podem ser visualizadas na íntegra, consultado o processo técnico de outorga e relatórios disponibilizados e avaliados pelo IGAM. A figura a seguir ilustra o consolidado das vazões solicitadas pelo empreendedor.

Figura 2 – Consolidado da vazão e volumes de captação solicitados

| Demanda da Captação       |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Mês                       | JAN     | FEV     | MAR     | ABR     | MAI     | JUN     | JUL     | AGO     | SET     | OUT     | NOV     | DEZ     |
| Vazão (m <sup>3</sup> /s) | 0,784   | 0,784   | 0,784   | 0,784   | 0,784   | 0,784   | 0,784   | 0,784   | 0,784   | 0,784   | 0,784   | 0,784   |
| Horas/dia                 | 21:00   | 21:00   | 21:00   | 21:00   | 21:00   | 21:00   | 21:00   | 21:00   | 21:00   | 21:00   | 21:00   | 21:00   |
| Dias/mês                  | 31      | 29      | 31      | 30      | 31      | 30      | 31      | 31      | 30      | 31      | 30      | 31      |
| Volume (m <sup>3</sup> )  | 1837382 | 1718841 | 1837382 | 1778112 | 1837382 | 1778112 | 1837382 | 1837382 | 1778112 | 1837382 | 1778112 | 1837382 |

Fonte: Adaptado do relatório técnico de outorga disponibilizado pelo IGAM. 2023.

(\*) Destaques para as horas, dias e volume de captação e para os meses de setembro, outubro e novembro, pois eles foram corrigidos após avaliação do IGAM.

### b) Vazão Residual para Regularização do Barramento e Viabilização da Captação

Após a determinação da vazão necessária para atender às demandas do projeto, a consultoria técnica realizou um balanço hídrico abrangendo o empreendimento com o objetivo de avaliar a disponibilidade hídrica tanto na bacia quanto na área de drenagem vinculada ao ponto de captação.

Com base nos dados fornecidos pelo IGAM, a consultoria constatou a existência de outra captação de água superficial localizada a montante do empreendimento, dentro da sub-bacia



## **GT DE OUTORGA**

hidrográfica correspondente. No entanto, é importante destacar que o barramento em análise opera com a regularização de vazão, possibilitando a utilização integral da  $Q_{7,10}$ . Isso implica que todas as captações existentes a montante desse barramento são, de forma indireta, beneficiadas por esta regularização.

A complexidade deste projeto reside nos usos consuntivos previstos a jusante do empreendimento. A consultoria constatou, com base nos dados disponíveis no sistema do IGAM, a existência de captações a jusante. Portanto, concluiu-se pela obrigatoriedade de garantir a disponibilidade de uma vazão residual para assegurar a plena utilização da  $Q_{7,10}$  e dos usos consuntivos a jusante do barramento. Dessa forma, o barramento precisou ser dimensionado para que ocorra uma operação que regularize a vazão e garanta a vazão residual.

Para essa regularização, foi utilizada a série de vazão da Estação Fluviométrica da Agência Nacional de Águas – ANA, denominada "Ponte Taquara" – código 40850000, e uma série histórica de 40 anos com dados de 1968 a 2007, tendo o ano de 2002 como "ano crítico" considerado no projeto por apresentar a menor  $Q_{7,10}$ .

A seguir, apresentamos as informações do barramento:

- Volume total do reservatório: 3.500.000,0 m<sup>3</sup>
- Área inundada: 35 ha
- Profundidade média: 10 m
- Altura da crista do terrapleno: 16 m
- Comprimento da crista: 170 m

Após simulação hidrológica, conforme metodologia aprovada e verificada pelo IGAM e para atendimento à legislação vigente, concluiu-se que o barramento deve ser provido de estrutura de descarga de fundo dimensionada para atender a vazão mínima de 0,078 m<sup>3</sup>/s. No



**CBH-PARAÓPEBA**

**Deliberação Nº 05 de 19 de setembro de 2023 - Ad Referendum do CBH-Paraopeba**

## **GT DE OUTORGA**

barramento em questão, já existe tal estrutura, um tubo de ferro com diâmetro médio igual a 150 mm.

Devido à presença dessa estrutura, realizou-se uma verificação da capacidade hidráulica do dispositivo com base na fórmula da Teoria dos Orifícios. O resultado apontou que o tubo instalado é capaz de garantir a vazão residual, uma vez que ele mantém uma vazão máxima de  $Q = 0,081 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### **c) Vazão de Projeto e Capacidade Hidráulica do Vertedouro de Emergência.**

Por se tratar de um barramento de curso d'água natural o projeto também abordou a capacidade hidráulica do vertedouro de emergência. Um vertedouro é uma estrutura hidráulica projetada para controlar o nível da água em um reservatório ou corpo d'água, permitindo que o excesso de água escoe de maneira controlada. Eles têm várias aplicações e finalidades importantes, e neste projeto ele foi dimensionado e implantado para o controle de cheias.

O objetivo é evitar inundações, permitindo que o excesso de água flua de forma segura e controlada quando o nível da água em um reservatório ou rio atinge um determinado limite. Isso ajuda a reduzir o risco de danos causados por enchentes.

A consultoria contratada utilizou o "Método do Hidrograma Unitário" do US *Soil Conservation Service* (Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos), também conhecido como método do SCS, trazendo uma abordagem hidrológica para estimar o hidrograma de vazão de pico resultante da precipitação da bacia hidrográfica relacionada ao projeto. Esse método é amplamente utilizado em engenharia civil e em estudos de controle de enchentes, gestão de recursos hídricos e planejamento de obras hidráulicas.

O método do SCS se baseia em modelos que dividem a bacia hidrográfica em várias subáreas, cada uma com seu próprio hidrograma unitário, que representa a resposta da bacia à



## GT DE OUTORGA

chuva. Esses hidrogramas unitários são então combinados para formar o hidrograma de vazão de pico da bacia como um todo.

Isso é crucial para o projeto de sistemas de drenagem, dimensionamento de estruturas de controle de enchentes, como diques e vertedores, e planejamento de medidas para prevenir inundações. O método do SCS foi utilizado por fim, para analisar a resposta da bacia hidrográfica aos padrões de precipitação medidos, permitindo o dimensionamento do vertedouro de emergência.

Toda a memória de cálculo está disponível no relatório técnico apresentado e aprovado pelo IGAM. Cabe ressaltar que a consultoria conclui que o bueiro tubular de concreto de diâmetro igual a 1,0 metro comporta a vazão de pico da bacia. Para a confirmação, e semelhante a estrutura de descarga de fundo a consultoria realizou uma verificação utilizando a Teoria de Orifícios e o tempo de retorno de 25 anos, conforme preconiza o Termo de Referência do IGAM.

### 3. Do Parecer Técnico do IGAM (URGA – SM)

Após uma análise criteriosa, o IGAM emitiu parecer técnico favorável a concessão da outorga, opinando pelo deferimento do requerimento para intervenção em recurso hídrico. Além disso o IGAM determinou o prazo de validade de 10 anos conforme previsão constante no inciso II, Art. 9º, da Portaria IGAM nº 48, de 04 de outubro de 2019, e estabeleceu 05 condicionantes. A seguir a relação delas:

- 1) *Comprovar a instalação de sistema de medição de vazão e horímetro na captação, bem como de sistema de medição para monitoramento do fluxo residual imediatamente a jusante do barramento, através de relatório técnico-fotográfico, conforme Portaria Igam nº 48, de 04 de outubro de 2019. Prazo: 60 (sessenta) dias após publicação da portaria de outorga. (OBS.: O sistema de medição adotado na intervenção outorgada deverá ser tecnicamente aplicável ao meio de captação. OBS.: O bombeamento/captação somente será autorizado após a instalação dos dispositivos de monitoramento exigidos pela Portaria Igam nº 48, de 04 de outubro de 2019).*



**CBH-PARAÓPEBA**

**Deliberação N° 05 de 19 de setembro de 2023 - Ad Referendum do CBH-Paraopeba**

## **GT DE OUTORGA**

- 2) *Realizar medições diárias de vazão captada e tempo de captação e do fluxo residual a jusante, armazenando-as na forma de planilhas impressas e em meio digital (compatível com excel ou análogo), que deverão ser apresentadas a cada dois anos a partir da data da publicação da portaria, no momento da renovação da outorga ou quando solicitado pelo Igam ou por qualquer órgão ou entidade integrante do Sisema, conforme Portaria Igam nº 48, de 04 de outubro de 2019. Prazo: a partir da instalação dos sistemas de medição.*
- 3) *Manter, à jusante do local da intervenção, um fluxo residual mínimo de 0,07322 m³/s ou 73,22 l/s, que corresponde à 70 % da vazão Q7,10 Prazo: a partir da instalação dos sistemas de medição.*
- 4) *Apresentar relatório técnico fotográfico comprovando a instalação do canal trapezoidal conforme dimensionamento hidráulico apresentado nos autos do processo. Prazo: setembro de 2023.*
- 5) *Apresentar relatório técnico fotográfico, acompanhado de ART, quando for necessário realizar a limpeza, o desassoreamento e as devidas manutenções visando a segurança da infraestrutura hídrica do barramento. Prazo: até 60 dias após a realização da limpeza/manutenção.*

Cabe ressaltar que o IGAM conclui a análise do processo em agosto de 2023 e durante a análise foram solicitadas 03 informações complementares que foram atendidas tempestivamente pelo empreendedor. A seguir a síntese das informações solicitadas que alteraram alguns parâmetros do projeto de captação e regularização de vazão, incluindo a necessidade de redimensionamento e implantação de um novo vertedouro de emergência.



**CBH-PARAÓPEBA**

**Deliberação N° 05 de 19 de setembro de 2023 - Ad Referendum do CBH-Paraopeba**

## **GT DE OUTORGA**

### **Ofício URGA-SM n° 0552262/2022 – 07 de novembro de 2022.**

- 1) Alteração da área inundada do barramento de 35 ha para 60 ha;
- 2) Redimensionar a vazão máxima de cheia calculada através do Método SCS". Considerando o entendimento da Urga-SM que o Tempo de Retorno aplicável ao projeto deverá ser de no mínimo 50 anos. A partir disso será necessário apresentar novo dimensionamento hidráulico do vertedouro que seja capaz de suportar tal vazão;
- 3) Apresentar informações sobre os processos de outorga existentes à montante e a jusante da captação e apresentar informações sobre os demais barramentos;
- 4) Apresentar projeto de irrigação atualizado, considerando as fórmulas do item 4.3 do Manual de Outorga;
- 5) Apresentar nova simulação hidrológica de operação diária do reservatório, considerando os dados atualizados solicitados no item 1 deste ofício, dados do projeto de irrigação atualizado e todas as captações realizadas a montante do empreendimento (regularizadas e não regularizadas). Deverão ser consideradas também as captações realizadas a jusante (regularizadas e não regularizadas);
- 6) Apresentar novo formulário técnico, conforme nova versão disponível no site do Igam, com dados atualizados do empreendimento.

### **Ofício URGA-SM n° 187/2023 – 10 de fevereiro de 2023.**

- 1) Foi realizada a simulação hidrológica do reservatório para o ano crítico (2001) de um período de 10 anos utilizando dados diários de vazão da estação fluviométrica Ponte da Taquara (Código 40850000 – Área: 8750 km<sup>2</sup>), localizada no município de Paraopeba/MG. De acordo com o artigo 3º da Portaria Igam n° 48, de 04 de outubro de 2019, é necessário manter a



## GT DE OUTORGA

jusante do barramento um fluxo residual mínimo equivalente a 70% (setenta por cento) da Q7,10, ou seja, no mínimo 0,07322 m<sup>3</sup>/s (calculada através do Siam). Informamos que o barramento não regularizou a vazão com as condições requeridas, dessa forma propomos alteração nas horas de captação nos meses de setembro, outubro e novembro, passando de 10 horas/dias para 9 horas/dias, conforme figura abaixo:

Figura 3 - Consolidado da vazão e volumes de captação aprovados pelo IGAM após ajustes no projeto técnico.

|                                    | Jan        | Fev        | Mar        | Abr        | Mai        | Jun        | Jul        | Ago        | Set        | Out        | Nov        | Dez        |
|------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Vazão Liberada (m <sup>3</sup> /s) | 0,784      | 0,784      | 0,784      | 0,784      | 0,784      | 0,784      | 0,784      | 0,784      | 0,784      | 0,784      | 0,784      | 0,784      |
| Horas/Dia                          | 10:00      | 10:00      | 10:00      | 10:00      | 10:00      | 10:00      | 10:00      | 10:00      | 09:00      | 09:00      | 09:00      | 10:00      |
| Dia/Mês                            | 20         | 20         | 20         | 20         | 31         | 30         | 31         | 31         | 30         | 20         | 20         | 20         |
| Volume (m <sup>3</sup> )           | 564.480,00 | 564.480,00 | 564.480,00 | 564.480,00 | 874.944,00 | 846.720,00 | 874.944,00 | 874.944,00 | 762.048,00 | 508.032,00 | 508.032,00 | 564.480,00 |

Caso a proposta seja aceita pela requerente, solicitamos que sejam apresentados:

- Manifestação por escrito;
- Projeto de irrigação compatível com a nova proposta, com respectiva ART;
- Dados e memorial de cálculo das fórmulas do item 4.3 do Manual de Outorga ou planilha da de irrigação da Agência Nacional das Águas;
- Apresentar novo formulário técnico (versão atualizada disponível no site do Igam) com retificação dos seguintes itens:
  - Item 7.1: preencher todos os campos conforme novo projeto de irrigação;
  - Item 9.2: preencher todos os campos conforme nova proposta.

### **Ofício URGASM nº 339/2023 – 16 de março de 2023.**

- 1) Apresentar relatório fotográfico comprovando a instalação do canal trapezoidal na ombreira direita do maciço, que terá capacidade de escoamento de 51,55 m<sup>3</sup>/s. O dimensionamento hidráulico, apresentado nos estudos, deverá ser comprovado através do relatório fotográfico.



**CBH-PARAÓPEBA**

**Deliberação N° 05 de 19 de setembro de 2023 - Ad Referendum do CBH-Paraopeba**

## **GT DE OUTORGA**

- 2) Apresentar relatório fotográfico do extravasor existente, com capacidade de escoamento de 2,5 m<sup>3</sup>/s, comprovando seu dimensionamento hidráulico.
- 3) Apresentar comprovante de regularização de cada um dos três barramentos (B4, B5 e B6).  
Obs.: caso algum barramento possua volume inferior a 5.000 m<sup>3</sup> e captação menor ou igual a 1 l/s, deverá ser apresentada a Certidão de Registro de Uso Insignificante de Recurso Hídrico.

A equipe técnica do IGAM esclarece que a análise atual se restringe a questões técnicas relacionadas ao pedido de outorga para o uso dos recursos hídricos, excluindo aspectos jurídicos, documentais ou administrativos, assim como o julgamento da pertinência e oportunidade das ações da Administração Pública.

Além disso, salienta-se que o IGAM não assume responsabilidade técnica pelos processos de outorga aprovados para implementação. A execução, operação e garantia da eficácia desses processos são totalmente de responsabilidade da empresa em questão e/ou de seu responsável técnico.

Adicionalmente, destaca-se que a outorga em análise não dispensa nem substitui a obtenção de outras licenças legalmente exigidas pelo requerente. Recomenda-se que esta observação seja incluída no certificado de licenciamento a ser emitido.

Considerando a classificação da intervenção como de grande porte e com potencial poluidor, o requerimento de outorga deve ser encaminhado ao Comitê de Bacias Hidrográficas, acompanhado de pareceres conclusivos, conforme estipulado no parágrafo primeiro do Artigo 3º do Decreto Estadual nº 47.705/19, em conjunto com o Artigo 2º da Deliberação Normativa CERH nº 31, de 26 de agosto de 2009. Estes dispositivos estabelecem critérios e normas gerais para aprovação da outorga de direito de uso de recursos hídricos para empreendimentos de grande porte e com potencial poluidor pelos comitês de bacias hidrográficas.



## GT DE OUTORGA

### 4. Da Visita Técnica dos Conselheiros do CBH – SF3

Como uma das etapas do processo de análise e aprovação do processo de outorga, os conselheiros do GT de Outorga do CBH Paraopeba, realizaram uma visita técnica ao empreendimento em 27 de setembro de 2023 com o objetivo de avaliar a situação de campo do projeto técnico previamente aprovado pelo IGAM.

Durante a visita técnica, foi possível constatar o funcionamento pleno dos 04 (quatro) pivôs de irrigação e a presença dos barramentos B1, B2, B3, B4 e B5. Os barramentos B6 e B7, mencionados no processo de outorga, não foram inspecionados, pois estão localizados fora dos limites do empreendimento.

No que diz respeito aos barramentos, observou-se que foram dimensionados de acordo com o projeto, implantados de forma a seguir o relevo natural e os eixos de drenagem de água superficial, formando uma espécie de cascata. Os barramentos estão em bom estado de conservação. Durante a visita técnica, todas as estruturas que compõem os barramentos foram observadas, incluindo os taludes de montante, a folga, a crista, o talude de jusante, a descarga de fundo e o vertedouro de emergência.

#### **No entanto, em relação aos barramentos, duas observações importantes foram feitas:**

A primeira diz respeito ao sistema extravasor do barramento B1, que foi identificado como assoreado durante a visita técnica. Os conselheiros enfatizaram a necessidade de manutenção contínua do sistema extravasor e de todas as demais estruturas do barramento, incluindo a vegetação de grande porte que está se desenvolvendo nos taludes de jusante.

A segunda diz respeito ao sistema extravasor, dimensionado para o barramento B3 e aprovado pelo IGAM. Conforme verificado em campo, ele ainda não foi implantado em desacordo com o estabelecido nos registros do processo do IGAM, incluindo a ATA de reunião datada do dia 27 de abril de 2023, que estipulava um prazo final para a implantação do sistema em setembro de



**CBH-PARAÓPEBA**

**Deliberação Nº 05 de 19 de setembro de 2023 - Ad Referendum do CBH-Paraopeba**

## **GT DE OUTORGA**

2023. Questionados, os representantes da empresa afirmaram ter contratado uma empresa para a implementação do vertedouro de emergência e pretendem informar ao IGAM sobre o andamento do processo, incluindo a solicitação de dilação do prazo. Eles apresentaram o projeto do vertedouro, elaborado por um profissional habilitado que se encontra anexo à este parecer.

Os conselheiros também destacaram a importância de cumprir os prazos acordados com o IGAM, tanto aqueles relacionados às adequações decorrentes das modificações da análise do processo de outorga quanto às condições estabelecidas nos projetos. Eles ressaltaram a necessidade obrigatória de manter a vazão residual (regularização de vazão) e implementar o sistema de monitoramento e controle.

Ao avaliar as captações nos barramentos, observou-se a presença de um total de 12 conjuntos motobombas operando nos barramentos B1 e B3. Os demais barramentos (B2, B4 e B5) não possuem sistemas de captação. No barramento B1, há um conjunto de 04 bombas operando em série, com duas delas instaladas em uma estrutura de alvenaria nas margens do barramento e as outras duas em uma balsa. No barramento B3, há um conjunto de 08 bombas operando em série, com quatro delas instaladas em uma estrutura de alvenaria nas margens do barramento e as outras quatro em duas balsas. É importante ressaltar que, durante o processo de captação no barramento B1 e alimentação do pivô, cada série de bombas opera para atender um pivô. Já no barramento B3, um conjunto de bomba alimenta o barramento B1 e as outras alimentam diretamente os outros dois pivôs de irrigação. A disposição das bombas pode ser visualizada na ilustração a seguir.

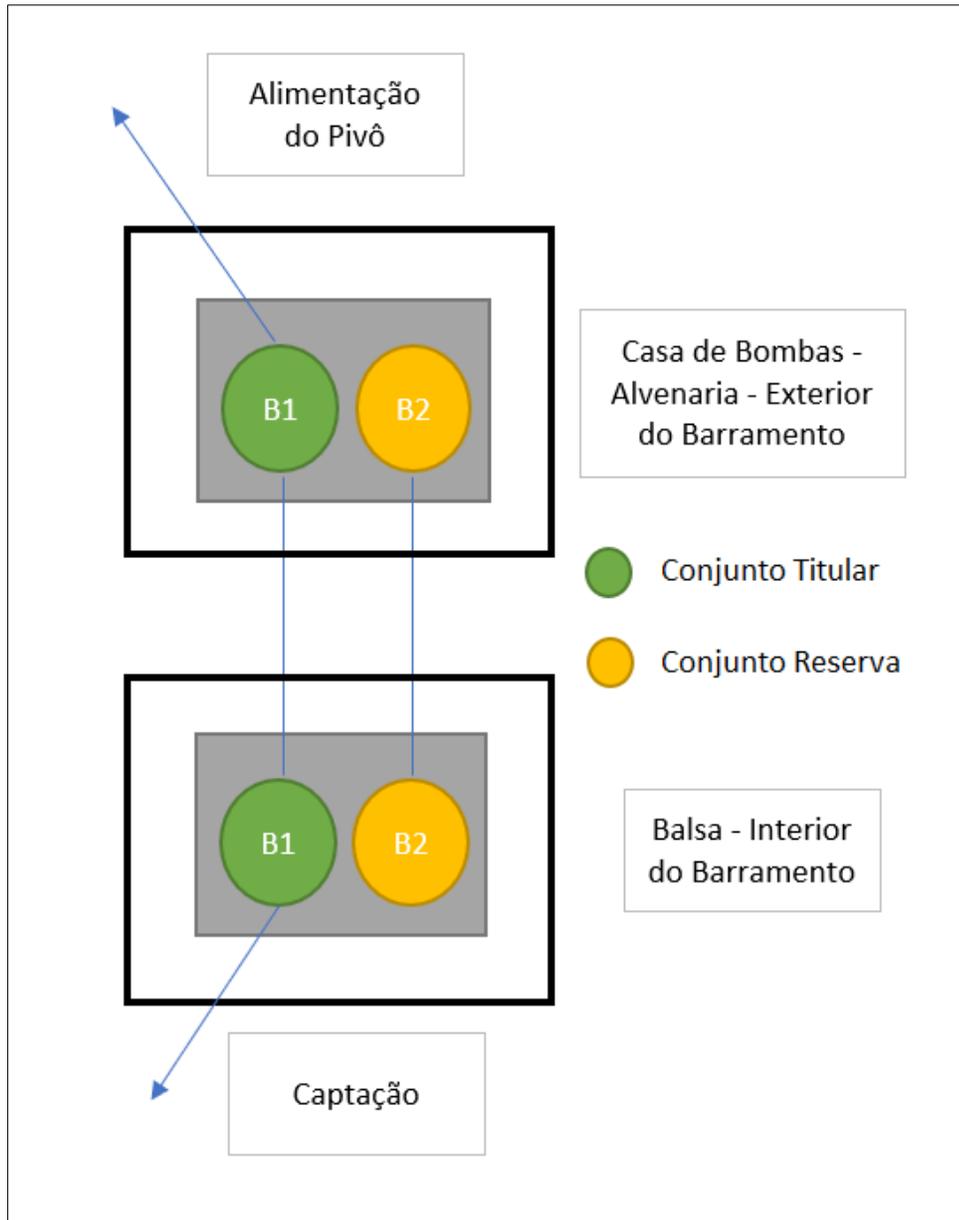


**CBH-PARAPEBA**

Deliberação Nº 05 de 19 de setembro de 2023 - *Ad Referendum* do CBH-Paraopeba

## **GT DE OUTORGA**

Figura 4 - Conjunto motobomba instalado nos barramentos B1 e B3



Fonte: Os autores, 2023.



## **GT DE OUTORGA**

Importante ressaltar que não foi possível verificar se os conjuntos moto bombas já possuem os dispositivos de monitoramento exigidos pela Portaria Igam nº 48, de 04 de outubro de 2019. Durante a visita técnica as instalações em alvenaria estavam fechadas e não foi possível adentrar aos locais. Independente disso os responsáveis técnicos pelo empreendimento foram alertados pelos conselheiros do CBH sobre a necessidade de instalar os equipamentos de monitoramento, tais como horímetro e hidrômetro e outros para atender a futura condicionante estabelecida no processo de outorga.

### **5. Parecer do Grupo de Trabalho de Outorga**

No dia 04 de setembro de 2023, o Grupo de Trabalho (GT) realizou uma reunião remota através do Microsoft Teams, das 14h00 às 16h00, com o propósito de analisar e deliberar sobre o processo de outorga em questão. Participaram da reunião:

#### **Os conselheiros do CBH do Rio Paraopeba e integrantes do GT de Outorga:**

- **Adriel Andrade Palhares**, relator deste parecer e representante da Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais (FIEMG);
- **José Antônio da Cunha Melo**, representante da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES);
- **Leonardo Lara**, representante da Prefeitura Municipal de Betim/MG;
- **Guilherme Oliveira**, representante da Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de Minas Gerais (FAEMG);
- **Luciane Linces dos Santos**, representante da Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais (ARSAE);
- **Ana Angélica Maciel**, representante do Conselho Regional de Biologia (CRBIO);
- **Heleno Maia**, Presidente do CBH do Rio Paraopeba.



**CBH-PARAÓPEBA**

Deliberação Nº 05 de 19 de setembro de 2023 - Ad Referendum do CBH-Paraopeba

## **GT DE OUTORGA**

### **Os representantes da CRP Agropecuária Ltda:**

- **Fidel Campos Reis** (Diretor – Sócio Administrador);
- **Allan Augusto Damacena** (Analista Ambiental);
- **Marcela Ferreira Barbalho** (Consultora Ambiental);
- **Rafael Batista Gontijo** (Consultor Ambiental).

O coordenador do GT, Sr. José Antônio da Cunha Melo, iniciou a reunião fazendo um breve relato da visita técnica realizada ao empreendimento pelos conselheiros do CBH em 27 de setembro de 2023. Em seguida, passou a palavra ao relator do processo para uma apresentação deste parecer, com ênfase no relatório da visita técnica.

Após a apresentação do relator, todos os membros presentes na reunião tiveram a oportunidade de se manifestar, incluindo os representantes da CRP Agropecuária. Durante as apresentações, o relator e o coordenador do GT enfatizaram que todas as estruturas mencionadas no projeto de outorga, incluindo o sistema de captação/bombeamento e os barramentos (B1, B2, B3, B4 e B5), **estavam implantados e em plena operação**. Isso alertou os conselheiros para a questão de que essa situação deveria ser motivo para o **indeferimento do processo**, uma vez que a operação dos sistemas só deveria ocorrer após a emissão da portaria de outorga.

No entanto, o IGAM emitiu um parecer sugerindo o deferimento do processo de outorga, o que gerou dúvidas e indecisão por parte dos conselheiros sobre a aprovação do processo de outorga em acolhimento ao parecer final do IGAM.

Além disso, como detalhado em um item específico deste mesmo parecer, foi observado que o empreendedor **não concluiu a implantação do vertedouro trapezoidal no barramento B3**, conforme projeto e prazo acordado com o IGAM.

A avaliação preliminar dos conselheiros foi que esse fato também coloca o empreendimento em **desconformidade com o órgão ambiental**. Dado que o empreendimento está em processo de



## GT DE OUTORGA

regularização e a implantação do vertedouro foi solicitada pelo IGAM como um ajuste no processo de outorga, e não como uma condicionante.

Diante do exposto, os conselheiros do grupo de trabalho ficaram em dúvida se a operação do empreendimento **sem a portaria de outorga** e a **falta de implantação do vertedouro**, são capazes de afetar a aprovação do processo de outorga, **considerando novamente que o IGAM emitiu parecer favorável ao deferimento da portaria de outorga.**

### 6. Conclusão

É importante destacar que o comitê tem a responsabilidade de deliberar sobre os processos de outorga de empreendimentos de grande porte e com potencial poluidor. De acordo com o Art. 4º da DN-CERH nº31 de 2009, **o comitê de bacia hidrográfica deve basear suas decisões nos pareceres conclusivos encaminhados pelo IGAM ou pela SUPRAM, levando em consideração:**

- I - as prioridades de uso estabelecidas nos Planos Diretores de Recursos Hídricos ou em Deliberação dos Comitês;
- II - a classe de enquadramento do corpo de água;
- III - a manutenção de condições adequadas ao transporte hidroviário, quando for o caso;
- IV - a necessidade de preservação dos usos múltiplos, explicitada em deliberações dos respectivos comitês.

Avaliando os critérios acima, pode se afirmar que eles foram atendidos no projeto, incluindo os dimensionamentos hidráulicos e aspectos técnicos que dão garantia da disponibilidade hídrica e uso consuntivo equilibrado na bacia, porém não foi possível chegar a uma conclusão sobre os demais itens discutidos na reunião e que foram observados na visita técnica.

A recomendação do GT é que este parecer seja encaminhado à plenária do CBH para discussão dos fatos, porém, **sem uma decisão final sobre o deferimento ou indeferimento.**



**CBH-PARAÓPEBA**

**Deliberação Nº 05 de 19 de setembro de 2023 - Ad Referendum do CBH-Paraopeba**

## **GT DE OUTORGA**

Para que isso ocorra, é fundamental **obter esclarecimentos adicionais do IGAM**, tanto em relação ao fato de o empreendimento **estar em operação sem a portaria de outorga**, quanto a questão do **descumprimento do prazo final para implantação do vertedouro trapezoidal no barramento B3**.

Por fim, informamos que os conselheiros concordaram unanimemente que uma decisão final por parte deste grupo e entendemos que um posicionamento final, só será possível após esclarecimentos adicionais do IGAM. Cabe ressaltar que o presidente do comitê foi consultado antes da tomada dessa decisão, e o mesmo informou que as possibilidades em caso de indecisão seria o deferimento, o indeferimento do processo, ou encaminhamento para a plenária sem uma conclusão definitiva.

É o parecer em 04 de outubro de 2023,

Pede dia para julgamento na Plenária do Comitê de Bacia Hidrográfica (CBH) do Rio Paraopeba.

---

**Adriel Andrade Palhares**

Relator



**CBH-PARAÓPEBA**

Deliberação Nº 05 de 19 de setembro de 2023 - *Ad Referendum* do CBH-Paraopeba

## **GT DE OUTORGA**

### **7. Anexo 1 – Relatório Fotográfico**

*Figura 5 - Barramento B1*



Registro fotográfico do barramento B1 – Pivôs ao fundo do lado direito e esquerdo e tubulação de recalque da captação proveniente no barramento B3.



**CBH-PARAPEBA**

Deliberação Nº 05 de 19 de setembro de 2023 - *Ad Referendum* do CBH-Paraopeba

## **GT DE OUTORGA**

*Figura 6 - Vertedouro de Emergência do Barramento B1*



Registro fotográfico do vertedouro de emergência do barramento B1 - Durante a visita técnica foi constatado que a estrutura estava obstruída em função do carreamento e deposição de sólidos. Foi recomendado aos responsáveis técnicos a manutenção do mesmo.



**CBH-PARAÓPEBA**

**Deliberação Nº 05 de 19 de setembro de 2023 - Ad Referendum do CBH-Paraopeba**

## **GT DE OUTORGA**

*Figura 7 - Balsa - Conjunto Motobomba Instalado no Barramento B1*



Registro fotográfico da balsa com duas motobombas instaladas. As bombas são ligadas em série com duas outras bombas instaladas em uma casa de bombas em alvenaria, localizada às margens do barramento B1.



**CBH-PARAÓPEBA**

**Deliberação Nº 05 de 19 de setembro de 2023 - Ad Referendum do CBH-Paraopeba**

## **GT DE OUTORGA**

*Figura 8 – Casa de Bombas - Conjunto Motobomba Instalado em estrutura de alvenaria, localizada às margens do Barramento B1*



Registro fotográfico da casa de bombas com duas motobombas instaladas. As bombas são ligadas em série com duas outras bombas instaladas em uma balsa, localizada no interior do barramento B1.



**CBH-PARAÓPEBA**

**Deliberação N° 05 de 19 de setembro de 2023 - Ad Referendum do CBH-Paraopeba**

## **GT DE OUTORGA**

*Figura 9 - Barramento B2*



Registro fotográfico do barramento B2 – Esse barramento não possui captação, funciona apenas como estrutura de amortecimento.



**CBH-PARAÓPEBA**

**Deliberação Nº 05 de 19 de setembro de 2023 - Ad Referendum do CBH-Paraopeba**

## **GT DE OUTORGA**

*Figura 10 - Vertedouro de Emergência do Barramento B2*



Registro fotográfico do vertedouro de emergência do barramento B2 - Durante a visita técnica foi constatado que a estrutura estava em bom estado de conservação e funcionando plenamente.



**CBH-PARAÓPEBA**

**Deliberação Nº 05 de 19 de setembro de 2023 - Ad Referendum do CBH-Paraopeba**

## **GT DE OUTORGA**

*Figura 11 - Barramento B3 - Montante*



Registro fotográfico da seção a montante do barramento B3 - Detalhes para a casa de bombas e balsa aos fundos.



**CBH-PARAPEBA**

**Deliberação N° 05 de 19 de setembro de 2023 - Ad Referendum do CBH-Paraopeba**

## **GT DE OUTORGA**

*Figura 12 - Barramento B3 - Meio*



Registro fotográfico da seção central do barramento B3.



**CBH-PARAPEBA**

**Deliberação Nº 05 de 19 de setembro de 2023 - Ad Referendum do CBH-Paraopeba**

## **GT DE OUTORGA**

*Figura 13 - Barramento B3 - Jusante*



Registro fotográfico da seção à jusante do barramento B3.



**CBH-PARAÓPEBA**

**Deliberação Nº 05 de 19 de setembro de 2023 - Ad Referendum do CBH-Paraopeba**

## **GT DE OUTORGA**

*Figura 14 - Vertedouro de Emergência do Barramento B3*



Registro fotográfico do vertedouro de emergência do barramento B3 - Durante a visita técnica foi constatado que a estrutura estava obstruída. Importante ressaltar que essa estrutura hidráulica será substituída por outro vertedouro de emergência em formato trapezoidal. Vide projeto de outorga, parecer do IGAM e anexo 2 deste relatório.



**CBH-PARAÓPEBA**

**Deliberação Nº 05 de 19 de setembro de 2023 - Ad Referendum do CBH-Paraopeba**

## **GT DE OUTORGA**

*Figura 15 - Talude de Montante e Vertedouro do Barramento B3*



Registro fotográfico do talude de montante, a folga e a crista - No centro do talude existe a descarga de fundo. Tubulação de ferro com diâmetro de 150 mm. Por questões de segurança dos conselheiros, a estrutura de fundo não foi verificada de perto.



**CBH-PARAÓPEBA**

**Deliberação Nº 05 de 19 de setembro de 2023 - Ad Referendum do CBH-Paraopeba**

## **GT DE OUTORGA**

*Figura 16 - Vista Aérea da Estrutura de Descarga do Barramento B3*



Registro fotográfico da estrutura de descarga de fundo do barramento B3 - Neste local será instalado os equipamentos de medição para aferir e garantir a vazão residual do projeto. No registro fotográfico fica evidente que já ocorre a regularização da vazão, com descarga de água para o barramento B4, visivelmente à jusante do barramento B3.



**CBH-PARAPEBA**

Deliberação Nº 05 de 19 de setembro de 2023 - *Ad Referendum* do CBH-Paraopeba

## **GT DE OUTORGA**

*Figura 17 - Talude de Jusante do Barramento B3*



Registro fotográfico do talude de jusante do barramento B3 - Durante a visita técnica observou-se que esse talude está sendo invadido por vegetação de porte arbóreo. Os responsáveis técnicos do empreendimento foram alertados sobre a necessidade de realizar o controle contínuo da vegetação, tendo em vista que ela pode induzir processos erosivos e danos estruturais, colapsando por completo as estruturas.



**CBH-PARAÓPEBA**

**Deliberação Nº 05 de 19 de setembro de 2023 - Ad Referendum do CBH-Paraopeba**

## **GT DE OUTORGA**

*Figura 18 – Casa de Bombas e Tubulação de Recalque*



Registro fotográfico da casa de bombas em alvenaria implantada às margens do barramento B3 - Este é o padrão de todas as casas de bombas implantadas no empreendimento vista de perto. No registro é possível verificar a tubulação de recalque.



**CBH-PARAÓPEBA**

**Deliberação Nº 05 de 19 de setembro de 2023 - Ad Referendum do CBH-Paraopeba**

## **GT DE OUTORGA**

*Figura 19 - Casa de Bombas e Tubulação de Sucção*



Registro fotográfico da casa de bombas em alvenaria implantada às margens do barramento B3 - Este é o padrão de todas as casas de bombas implantadas no empreendimento vista de perto. No registro é possível verificar a tubulação de sucção.



**CBH-PARAÓPEBA**

**Deliberação N° 05 de 19 de setembro de 2023 - Ad Referendum do CBH-Paraopeba**

## **GT DE OUTORGA**

*Figura 20 - Casa de Bombas, Tubulação de Sucção e de conexão direta com as Bombas Instaladas na balsa.*



Registro fotográfico da tubulação de sucção interligada com os conjuntos motobombas instalados na balsa do barramento B3.



**CBH-PARAÓPEBA**

Deliberação Nº 05 de 19 de setembro de 2023 - *Ad Referendum* do CBH-Paraopeba

## **GT DE OUTORGA**

*Figura 21 - Casa de Bombas e Conjunto Motobomba*



Registro fotográfico do conjunto motobomba instalado na casa de bombas do barramento B3 - Importante ressaltar que não foi possível adentrar ao local e, portanto, não foi possível verificar se os dispositivos de monitoramento da vazão captada foram instalados. Questionados os responsáveis técnicos do empreendimento não souberam informar.



**CBH-PARAÓPEBA**

**Deliberação N° 05 de 19 de setembro de 2023 - Ad Referendum do CBH-Paraopeba**

## **GT DE OUTORGA**

*Figura 22 - Barramento 4*



Registro fotográfico do barramento B4 – Esse barramento não possui captação, funciona apenas como estrutura de amortecimento.



**CBH-PARAÓPEBA**

Deliberação Nº 05 de 19 de setembro de 2023 - *Ad Referendum* do CBH-Paraopeba

## **GT DE OUTORGA**

*Figura 23 - Vertedouro de Emergência do Barramento 4*



Registro fotográfico do vertedouro de emergência do barramento B4. Durante a visita técnica foi constatado que a estrutura estava em bom estado de conservação e funcionando plenamente.



**CBH-PARAPEBA**

Deliberação Nº 05 de 19 de setembro de 2023 - *Ad Referendum* do CBH-Paraopeba

## **GT DE OUTORGA**

*Figura 24 - Barramento 5*



Registro fotográfico do barramento B5 - Esse barramento não possui captação, funciona apenas como estrutura de amortecimento.



**CBH-PARAÓPEBA**

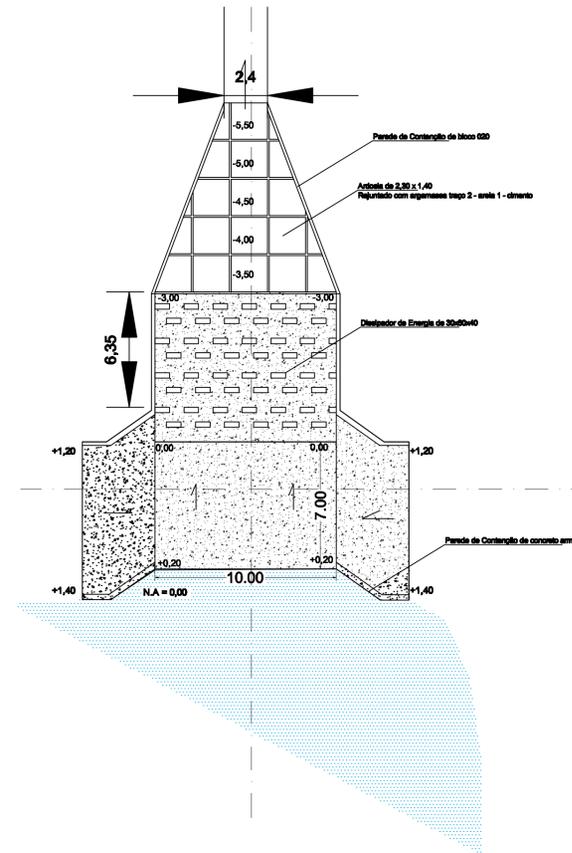
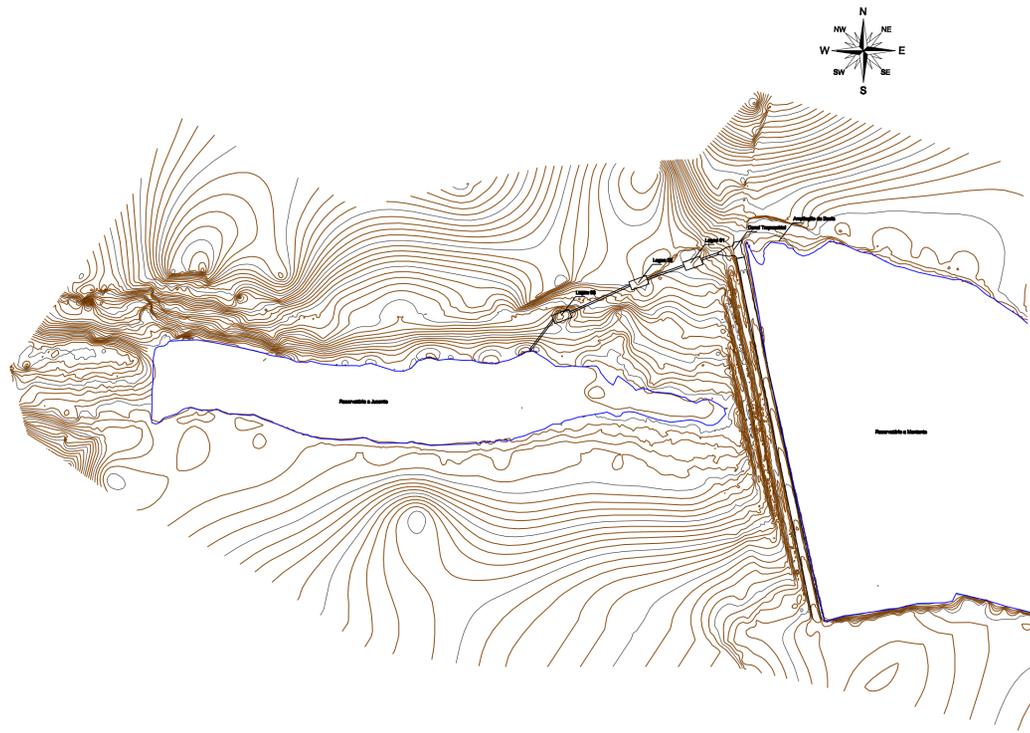
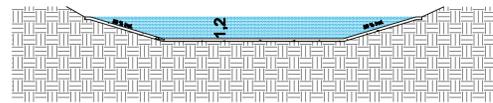
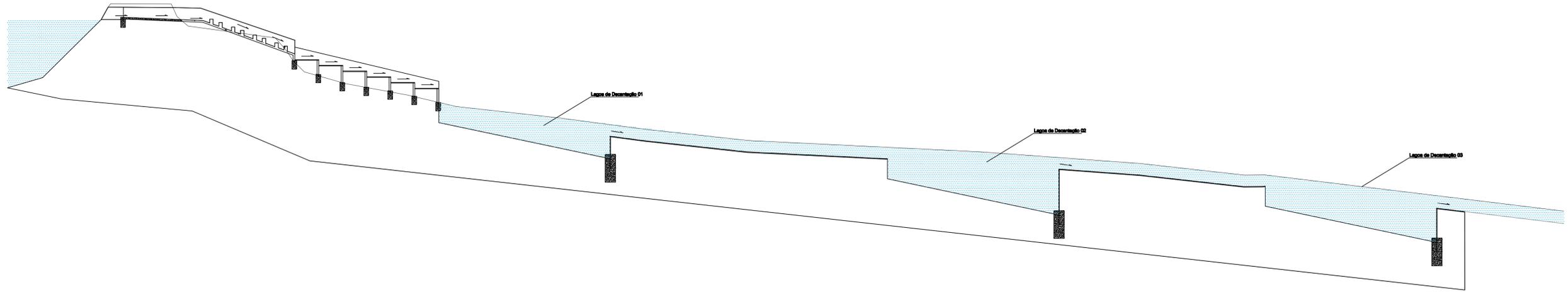
Deliberação Nº 05 de 19 de setembro de 2023 - *Ad Referendum* do CBH-Paraopeba

## **GT DE OUTORGA**

### **Anexo 2 – Projeto Técnico do Vertedouro de Emergência do Barramento B3**

- Arquivo em PDF





|   |   |  |   |                             |
|---|---|--|---|-----------------------------|
| APROVAÇÃO                               |   |  |   |                             |
| RESERVADO PARA LOGOTIPO DO PROFISSIONAL |            |  | Ambiental, Civil e Agrônômica<br>Tel.:(37)3523-4390<br>novaeraengenharia@yahoo.com.br |                             |
| TÍTULO                                  | PROJETO DE CANAL TRAPEZOIDAL  |  |   |                             |
| LOCALIZAÇÃO                             | LOGRADOURO: FAZENDA PRIMAVERA<br>BAIRRO: ZONA RURAL<br>CIDADE: CURVELO CEP:<br>UF: MINAS GERAIS |  |   |                             |
| EDIFICAÇÃO                              | ÁREAS   | DESCRIÇÃO  | NATUREZA  | QUANTIFICAÇÃO               |
|   |   | REDE DE ESCOAMENTO DE ÁGUA                       | AMBIENTAL   |                             |
| PROPRIETÁRIO                            | DADOS   | CRP AGROPECUÁRIA LTDA<br>CNPJ:11.940.927/0001-28 |   | CARIMBO                     |
| RESPONSÁVEL TÉCNICO AUTOR DO PROJETO    |   | ARNALDO DA SILVA LOURENÇO<br>CREA/MG: 167.937/D  |   | CARIMBO                     |
| LOCAL DATA                              | POMPÉU, 01 DE SETEMBRO 2.023.   |  | REVISÃO:  | 00                          |
| CONTEÚDO                                | MAPA DE LOCAÇÃO, PLANTA BAIXA CORTE LONGITUDINAL E TRANSVERSAL.                                 |  |   | FOLHA: 01/01<br>FORAMTO: A1 |



A sua Inteira Disposição Com Agilidade e Precisão !

Tel: 037 3523 4390

e-mail: novaeraengenharia@yahoo.com.br

# MEMÓRIA DE CÁLCULO DO DIMENSIONAMENTO DE CANAIS TRAPEZOIDAL

IMÓVEL: FAZENDA PRIMAVERA

Proprietário: CRP AGROPECUÁRIA LTDA

CNPJ: 11.940.927/0001-28

O presente dimensionamento tem por finalidade a definição do sistema de travamento de águas com o sistema de canal trapezoidal a ser construído no açude existente na propriedade Da empresa CRP AGROPECUARIA tendo como base o mapa do levantamento topográfico e batimétrico do imóvel.

Foi realizada uma visita realizada no dia 29/08/2023 podemos concluir que o melhor local para a implantação do canal seria na ombreira a esquerda do maciço ao contrário do proposto inicialmente lateral direita do reservatório tendo em vista o menor caminho para o desague no reservatório a jusante e principalmente por existir um extravasa dor de aguas (ladrão) na ombreira esquerda do maciço e assim melhorando e fluxo e escoamento para o reservatório a jusante.

## INTRODUÇÃO

Canal Trapezoidal é o formato mais popular, por ser bastante eficiente, devido ao fato da sua área molhada ser grande em relação ao seu perímetro molhado e seus taludes serem adequados para construção de canais em terra, uma vez que seus ângulos podem ser ajustados para terem estabilidade.

Cálculo de canais de seções trapezoidal

Para a realização do dimensionamento deste canal iremos utilizar a formula de fórmula de Manning em condutos retangulares trapezoidais e circulares.

## Fórmula de Manning

Inicialmente, temos que relembrar a fórmula de Manning, que é a mais usual para o cálculo de escoamentos em condutos livres, que é o caso de canais.

Segue a formulação:

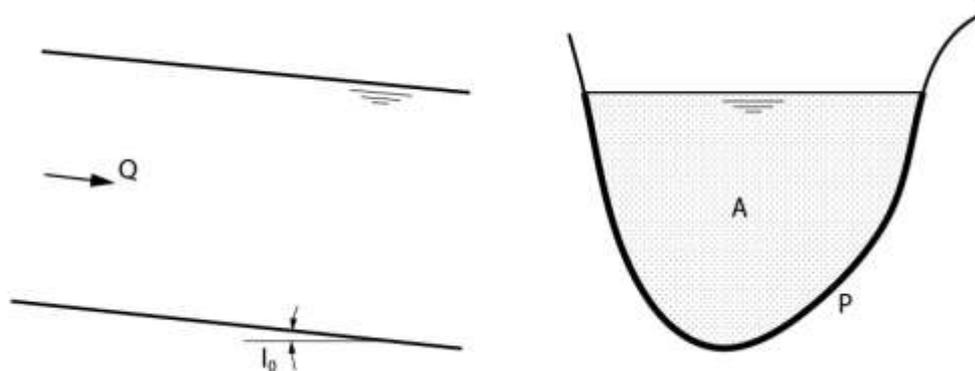
$$\frac{n \cdot Q}{\sqrt{I_0}} = A \cdot R_h^{2/3}$$

Onde:

- Q: vazão de escoamento;
- n: coeficiente de rugosidade do canal;
- $I_0$ : inclinação longitudinal do canal;
- A: área molhada da seção transversal;
- $R_h$ : raio hidráulico da seção.

Pronto, lembrando dessa formulação e dos conceitos de área molhada e raio hidráulico, resolveremos tranquilamente problemas tanto para seções trapezoidais como para seções circulares.

Então, agora vamos revisar esses conceitos rapidamente!



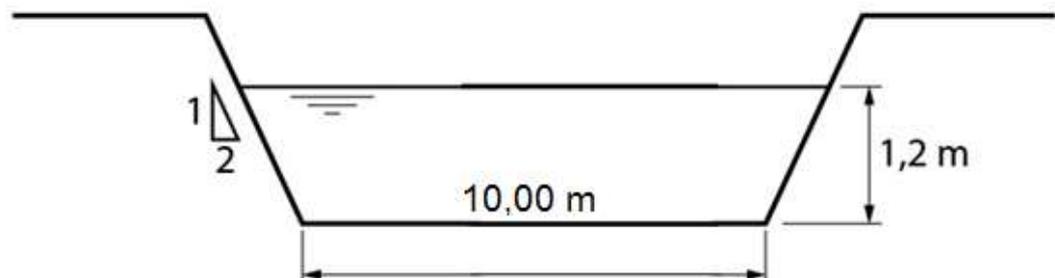
### Elementos geométricos de canais

- Área molhada (A): essa é toda a área da seção reta do escoamento.
- Perímetro molhado (P): é o perímetro de contato entre o conduto e o líquido, considerando fundo e paredes.

- Raio Hidráulico ( $R_h$ ): é razão entre a área molhada e o perímetro molhado. Matematicamente, a fórmula do raio hidráulico é:

$$R_h = \frac{A}{P}$$

Portanto, considere a seguinte seção transversal de um canal.



Iremos trabalhar com uma inclinação longitudinal é de 0,2% e que podemos considerar o coeficiente de rugosidade das paredes com o  $n=0,013$  tubo de concreto, como iremos fazer o canal com concreto usinado a superfície ficara similar ao tudo de concreto então podemos conferir na tabela abaixo o valor dado para  $n$ .

A seguir, apresentarei algumas tabelas retiradas do livro Hidráulica Básica do Prof. Porto, com valores usuais para o coeficiente n.

| Natureza das Paredes   | Condições  |        |           |       |
|--|------------|--------|-----------|-------|
|  | Muito Boas | Boas   | Regulares | Más   |
| Tubos de ferro fundido sem revestimento.....   | 0,012      | 0,013  | 0,014     | 0,015 |
| Idem, com revestimento de alcatrão.....  | 0,011      | 0,012* | 0,013*    | ---   |
| Tubos de ferro galvanizado.....  | 0,013      | 0,014  | 0,015     | 0,017 |
| Tubos de bronze ou de vidro.....   | 0,009      | 0,010  | 0,011     | 0,013 |
| Condutos de barro vitrificado, de esgotos.....   | 0,011      | 0,013* | 0,015     | 0,017 |
| Condutos de barro, de drenagem.....  | 0,011      | 0,012* | 0,014*    | 0,017 |
| Alvenaria de tijolos com argamassa de cimento:<br>condutos de esgoto, de tijolos.....        | 0,012      | 0,013  | 0,015*    | 0,017 |
| Superfícies de cimento alisado.....  | 0,010      | 0,011  | 0,012     | 0,013 |
| Superfícies de argamassa de cimento.....   | 0,011      | 0,012  | 0,013*    | 0,015 |
| Tubos de concreto.....   | 0,012      | 0,013  | 0,015     | 0,016 |
| Condutos e aduclas de madeira.....   | 0,010      | 0,011  | 0,012     | 0,013 |
| Calhas de prancha de madeira aplainada.....  | 0,010      | 0,012* | 0,013     | 0,014 |
| Idem, não aplainada.....   | 0,011      | 0,013* | 0,014     | 0,015 |
| Idem, com pranchões.....   | 0,012      | 0,015* | 0,016     | ---   |
| Canais com revestimento de concreto.....   | 0,012      | 0,014* | 0,016     | 0,018 |
| Alvenaria de pedra argamassa.....  | 0,017      | 0,020  | 0,025     | 0,030 |
| Alvenaria de pedra seca.....   | 0,025      | 0,033  | 0,033     | 0,035 |
| Alvenaria de pedra aparelhada.....   | 0,013      | 0,014  | 0,015     | 0,017 |
| Calhas metálicas lisas (semicirculares).....   | 0,011      | 0,012  | 0,013     | 0,015 |
| Idem, corrugadas.....  | 0,023      | 0,025  | 0,028     | 0,030 |
| Canais de terra, retilíneos e uniformes.....   | 0,017      | 0,020  | 0,023     | 0,025 |
| Canais abertos em rocha, lisos e uniformes.....  | 0,025      | 0,030  | 0,033*    | 0,035 |
| Canais abertos em rocha, irregulares, ou de<br>paredes de pedra irregulares e mal-arrumadas. | 0,035      | 0,040  | 0,045     | ---   |
| Canais dragados.....   | 0,025      | 0,028  | 0,030     | 0,033 |
| Canais curvilíneos e lamosos.....  | 0,023      | 0,025* | 0,028     | 0,030 |
| Canais com leito pedregoso e vegetação aos<br>taludes.....                                   | 0,025      | 0,030  | 0,035*    | 0,040 |
| Canais com fundo de terra e taludes empedra-<br>dos.....                                     | 0,028      | 0,030  | 0,033     | 0,035 |
| <b>ARROIOS E RIOS</b>  |            |        |           |       |
| 1. Limpos, retilíneos e uniformes.....   | 0,025      | 0,028  | 0,030     | 0,033 |
| 2. Como em 1, porém com vegetação e pedras.  | 0,030      | 0,033  | 0,035     | 0,040 |
| 3. Com meandros, bancos e poços pouco pro-<br>fundos, limpos.....                            | 0,035      | 0,040  | 0,045     | 0,050 |
| 4. Como em 3, águas baixas, declividade fraca  | 0,040      | 0,045  | 0,050     | 0,055 |
| 5. Como em 3, com vegetação e pedras.....  | 0,033      | 0,035  | 0,040     | 0,045 |
| 6. Como em 4, com pedras.....  | 0,045      | 0,050  | 0,055     | 0,060 |
| 7. Com margens espaiadas, pouca vegetação...   | 0,050      | 0,060  | 0,070     | 0,080 |
| 8. Com margens espaiadas, muita vegetação...   | 0,075      | 0,100  | 0,125     | 0,150 |

\* Valores aconselhados para projetos.

Tabela com coeficientes de rugosidade n

Resolução

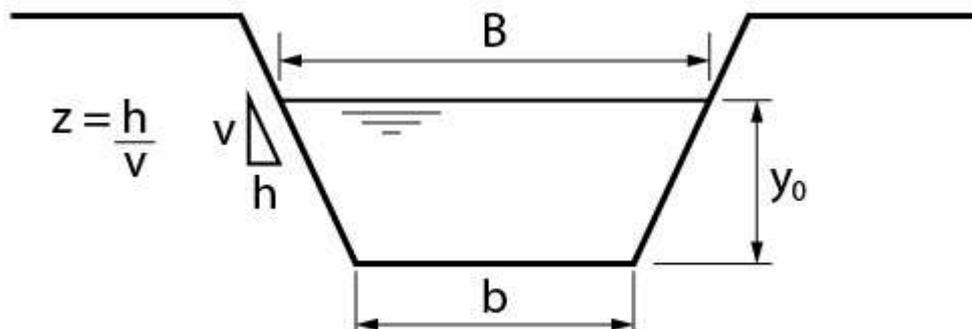
Vamos começar pela área molhada!

Cálculo da área molhada

O cálculo da área molhada é basicamente a área de um trapézio.

Entretanto, sabemos apenas a base menor (fundo do canal) e altura da lâmina d'água.

Como sabemos também a inclinação dos taludes laterais do canal, podemos calcular a largura B, apresentada na figura abaixo.



Seção genérica de canal trapezoidal

$$B = b + 2 \cdot Z \cdot y_0$$

Onde:

- Z: inclinação do talude lateral do canal.
- $y_0$ : altura da lâmina d'água.

Então, realizando esse cálculo, chegamos ao valor de B:

$$B = 10,0 + 2 \cdot 2 \cdot 1,20$$

$$B = 14,80 \text{ m}$$



A sua Inteira Disposição Com Agilidade e Precisão !

Tel: 037 3523 4390

e-mail: novaeraengenharia@yahoo.com.br

De posse de B, podemos então calcular a área molhada, que é a área do trapézio da seção transversal:

$$A = \frac{(b + B) \cdot y_o}{2}$$

$$A = \frac{(14,80 + 10,00) \cdot 1,20}{2}$$

$$A = 14,88 \text{ m}^2$$

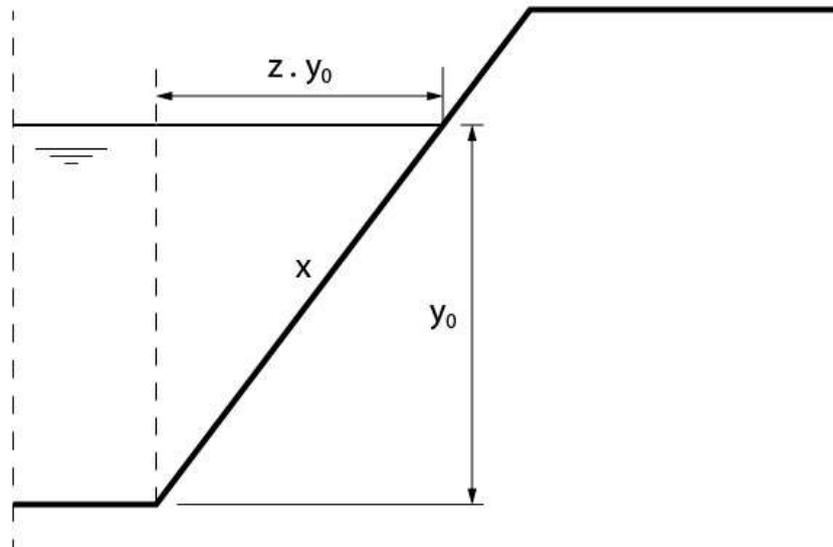
Cálculo do raio hidráulico

Para o cálculo do raio hidráulico, precisamos inicialmente determinar o perímetro molhado da seção.

O perímetro molhado é composto pela soma dos comprimentos do fundo do canal e das paredes que estão em contato com o líquido.

O fundo já sabemos que é  $b=14,80$  m. Logo, basta determinarmos o comprimento das paredes em contato com o líquido para encontrarmos o perímetro do molhado do canal.

Então, vamos analisar a seguinte figura, que representa a região do talude do nosso canal.



Cálculo do comprimento do talude do canal

Perceba que podemos encontrar o valor do comprimento  $x$  simplesmente pelo teorema de Pitágoras.

$$x^2 = y_0^2 + (Z \cdot y_0)^2$$

$$x^2 = 1,2^2 + (2 \cdot 1,2)^2$$

$$x = 2,68\text{m}$$

Logo, temos que nosso perímetro será:

$$P = b + 2x = 10,00 + 2 \cdot 2,68$$

$$P = 15,36 \text{ m}$$

Como sabemos que a fórmula do raio hidráulico é a razão entre a área molhada e o perímetro molhado, temos:



A sua Inteira Disposição Com Agilidade e Precisão !

Tel: 037 3523 4390

e-mail: novaeraengenharia@yahoo.com.br

$$R_h = \frac{A}{P}$$

$$R_h = \frac{14.86}{15.36}$$

$$R_h = 0,96744$$

Após determinar a área molhada e calcular o raio hidráulico.

Como as demais características de escoamento já foram dados agora podemos utilizar a fórmula de Manning.

Para conferir se meu dimensionamento vai atender a vazão solicitada para o projeto que é de 51,5 m<sup>3</sup>/s

Para determinarmos a vazão de um conduto livre, como é o caso de um canal, ou de uma calha de águas pluviais, devemos utilizar a fórmula de Manning.

Valor de n

Para a adoção do valor do coeficiente n, não podemos utilizar as tabelas apresentadas durante o texto, visto que o material da calha (PVC) não é abordado na tabela.

Porém, podemos utilizar uma pequena tabela contida na NBR 108444, que é a norma referente a instalações de águas pluviais. Segue a tabela.

| Material   | n     |
|--|-------|
| Plástico, fibrocimento, aço, metais não-ferrosos     | 0,011 |
| Ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida | 0,012 |
| Cerâmica, concreto não-alisado                       | 0,013 |
| Alvenaria de tijolos não-revestida                   | 0,015 |

$$\frac{n \cdot Q}{\sqrt{I_0}} = A \cdot R_h^{2/3}$$

$$\frac{0,013 \cdot Q}{\sqrt{0,002}} = 14,86 \cdot 0,9674^{2/3}$$

$$Q = \frac{1}{n} A R_h^{2/3} I_0^{1/2}$$

$$Q = \frac{1}{0,013} 14,86 \cdot 0,9674^{2/3} \cdot 0,002^{1/2}$$

$$Q = 51,80 \text{ m}^3/\text{s}$$

Portanto, determinamos assim a vazão no nosso canal trapezoidal.

Pompéu 01 de Setembro de 2.023

---

Arnaldo da Silva Lourenço  
Eng. Civil  
CREA: 167.937/D