

# AVALIAÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DE UMA BARRAGEM ARTICULADA NO RIO FORMOSO NA CIDADE DE LAGOA DA CONFUSÃO – TO.

Melquiades Borges Carneiro Neto<sup>1</sup>

Kenia Lopes Mendonça<sup>2</sup>

Jocélio Cabral Mendonça<sup>3</sup>

## RESUMO

Este trabalho versa sobre a inserção de uma inovação na engenharia, na área de barramentos. Foi analisada a implantação de uma barragem articulada na cidade de Lagoa da Confusão, TO. Foram pesquisados os dados do projeto, execução, finalidade e funcionamento. Com esses dados verificou-se como surgiu a ideia desse novo tipo de barramento, a viabilidade da obra para região, bem como as vantagens e desvantagens da construção e operação desse novo modelo de barragem. Demonstrou-se o funcionamento da obra operando uma ferramenta computacional em três dimensões, no sentido de denotar, através da apresentação gráfica, o estudo do tema, com base nos dados obtidos em campo com os profissionais envolvidos. Esse procedimento enfatiza a importância da utilização das ferramentas de computação gráfica na Engenharia Civil. Isso concernente aos projetos e empreendimentos que envolvem o barramento de águas, munindo-se do embasamento tecnológico norteado pela abordagem teórica e técnica quanto às questões de sustentabilidade e melhoria da qualidade de vida da sociedade.

**Palavras-chaves:** Inovação. Barramentos. Barragem Articulada.

## ABSTRACT

This work is about the insertion of an innovation in the engineering, in the area of dams. The implementation of an articulated dam in the city of Lagoa da Confusão-TO will be analyzed, reporting data on the project, execution, purpose and functioning. With these data, the idea of this new type of dam and the feasibility of the work for the region, as well as the advantages and disadvantages of the construction and operation of this new dam model emerged. In the activity still demonstrate the operation of the same operand a computational tool in three dimensions, in the sense of denoting, through the graphic presentation the study of the theme, based on the data obtained in the field with the professionals involved. Emphasizing the importance of the use of computer graphics tools in Civil Engineering. This concerns the projects and projects involving the water bus, providing the technological base based on the theoretical and technical approach to sustainability issues and improving the quality of life of society.

**Keywords:** Innovation. Dams. Articulated Dam.

---

<sup>1</sup> Estudante universitário na Politécnica de Engenharia da Católica do Tocantins. E-mail: melquiadesbcn25@gmail.com.

<sup>2</sup> Graduada em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Especialista em Saneamento Ambiental pela Fundação Universidade do Tocantins. E-mail: kenialopesmendonca@gmail.com

<sup>3</sup> Professor orientador Mestre na Católica do Tocantins, graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Goiás. Mestre em Geotecnia pela Universidade de São Paulo. E-mail: jociocabralmendonca@gmail.com

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo o Comitê Brasileiro de Barragens – CBDB (2011), as barragens foram, desde o início da história da humanidade, fundamentais ao desenvolvimento. Devido à escassez de água no período de seca, fez-se necessário o seu armazenamento e as barragens eram executadas de forma empírica.

Entretanto, o acúmulo de água nos reservatórios em nosso país tem diversas funções específicas, dentre elas podemos citar as mais comuns, sendo: a) produção de energia através de PCH – Pequenas Centrais Hidrelétricas; b) abastecimento de água potável de zonas residenciais, agrícolas, industriais – saneamento; c) irrigação de lavouras; d) criação de alevinos para o consumo; e) regularização de um caudal.

Para ABES (1987) as ações do homem podem causar aspectos positivos e negativos. Consideram-se aspectos positivos quando a interferência no meio ambiente traz melhorias na qualidade de vida de uma população. Impactos negativos ocorrem quando a ação resulta em algum dano no fator ambiental.

Assim como a humanidade evolui, as práticas de engenharia e construção também devem ser modernizadas, devem-se correr os riscos, porque caso contrário, a engenharia não se move, porém o conhecimento básico e a observação do comportamento da obra devem ser sempre avaliados a fundo no intuito de garantir a lucratividade, diminuir os impactos negativos e contribuir com a melhoria da qualidade de vida das populações relativas às barragens.

Nesse contexto, o presente trabalho consiste em avaliar a implantação de uma barragem articulada para detenção de água do Rio Formoso na cidade de Lagoa da Confusão – TO, e ainda demonstrar o seu funcionamento operando uma ferramenta computacional em três dimensões.

Busca-se, ainda, por meio da apresentação gráfica, o desenvolvimento do estudo do tema, com base nos dados obtidos em campo com os profissionais envolvidos, buscando demonstrar a relevância do uso da computação gráfica como importante ferramenta na agregação de valor aos projetos e empreendimentos da Engenharia Civil.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 CONCEITUALIZAÇÃO DE BARRAGENS

As barragens podem ser entendidas, segundo Carvalho (1983), como “toda e qualquer barreira artificial que se interpõe a um curso hídrico para interromper o trânsito das águas”.

Simplificadamente, as barragens podem ser classificadas em barragens de concreto e barragens de aterro. O acúmulo de águas nas barragens é sinônimo de energia e fonte de renda para a população, quando bem aproveitadas. Contudo, há consequências negativas em sua implantação: os impactos ambientais, culturais e custos elevados antes, durante e pós implantação.

O principal uso de água é, sem dúvida nenhuma, na agricultura. As águas públicas que precisam de tratamento e transporte tem uma distribuição diferente. Segundo dados do Brasil Escola (*on-line*) aproximadamente 60% desta água será usada para fins domésticos, 15% para fins comerciais e 13% para fins industriais. O restante para fins públicos e outras necessidades.

Segundo Oliveira e Brito (1998), a construção de barragens, um dos campos de aplicação da Geologia de Engenharia é aquele que, no Brasil, constitui o mais importante manancial de experiências, responsável pela criação e desenvolvimento dos fundamentos e do principal conjunto de métodos e técnicas da Geologia de Engenharia.

### 2.2 ETAPAS DO PROCESSO CONSTRUTIVO DAS BARRAGENS

De acordo com Oliveira e Brito (1998)

Para implantação de aproveitamentos hídricos de médio e grande porte, com necessidade de obras de barramento e formação de um reservatório (tais como usinas hidrelétricas, reservatórios de abastecimento, barragens de regularização de vazões e outras), as fases de estudos normalmente, seguem as etapas de projeto – são normalmente as seguintes: estudos de inventário, estudos de viabilidade, projeto básico e projeto executivo – de construção e operação. (p. 412)

## 2.3 PRINCIPAIS IMPACTOS NEGATIVOS DAS BARRAGENS

### a. Impactos Sociais

Ainda não foi concluído um estudo quantitativo real e preciso sobre quantas pessoas foram deslocadas por barragens até a atualidade, sendo divulgado que esse percentual equivale aproximadamente em torno de 40 a 80 milhões, segundo a Comissão Mundial de Barragens (2000b, p. 1).

Desta forma, Oliveira e Brito (1998) dispõe que:

Os deslocados não são os únicos a serem atingidos. Este é um grave problema das estatísticas de atingidos por barragens. A maioria dos levantamentos realizados pelos governos e/ou empresas consideram como atingidos pelos projetos, apenas aquelas pessoas que são deslocadas por causa do enchimento do reservatório e que possuem o título de propriedade das terras diretamente atingidas. (p. 415)

O Quadro 1 apresenta os principais impactos sociais da Usina Hidrelétrica de Tucuruí conforme estudo desenvolvido por Mendes (2005, *on-line*)

## Quadro 1 - Impactos sociais da Usina Hidrelétrica Tucuruí

Impacto	Efeitos
Formação do reservatório Previsto área inundada de 1.630 km <sup>2</sup> ; sendo na 1ª fase 2.875km <sup>2</sup> e na 2ª fase 2.800 km <sup>2</sup> , chegando a 3.513 km <sup>2</sup>	Isolamento da população ribeirinha no enchimento do reservatório; Compensação financeira para os municípios que tiveram áreas inundadas através da Lei dos Royalties, excluindo a jusante; Migração interna, especialmente da população a jusante; Ocupação irregular e desordenada; Conflitos de uso; Ausência de infraestrutura; Praga de mosquitos; Riscos de manifestações de doenças de veiculação hídrica; Alteração da qualidade da água; Perda do sustento e renda; Alagamento de vicinais no período de chuva; Cadeia alimentar contaminada por metil-mercúrio; Dificuldades de deslocamento e acesso a outras áreas e serviços.
Qualidade da água	Comprometimento do abastecimento de água e alimentos a jusante com consequente abertura de poços; Degradação da qualidade da água a jusante; Riscos de manifestações de doenças de veiculação hídrica;
Ictiofauna	Perdas de zonas de pesca a jusante com redução do estoque pesqueiro; Adaptação à pesca artesanal em detrimento dos meios de produção tradicional;
Deslocamento compulsório populacional Inicial de 4.407 pessoas chegando a 10 mil famílias	Reassentamento em áreas impróprias (infertilidade dos solos e comprometimento para a agricultura); Instabilidade econômica; Acampamentos improvisados ou em superlotados imóveis de núcleos urbanos em implantação; Alto índice de abandono e de comercialização de lotes; Pressão na estrutura fundiária local; Desestruturação da organização econômica e social; Conflitos de interesse e mobilização comunitária; Processo de emigração para outras áreas, principalmente para as ilhas.
Perfil Epidemiológico	Proliferação de mosquitos/aumento da incidência de malária; Aumento no risco de metilação do mercúrio e sua introdução na cadeia alimentar, com intoxicação dos povos ribeirinhos e indígenas da região; Aumento dos riscos de manifestação de doenças de veiculação hídrica; Aumento no risco de aparecimento de novas doenças, inclusive arboviroses; Aumento da incidência de doenças a jusante;
Infraestrutura Urbana	Demanda superior a oferta de serviços sociais básicos; Abandono dos lotes das áreas de reassentamento;
Sociedades indígenas	Remanejamento da Comunidade Parakanã; Desestruturação das relações sociais das comunidades indígenas na região de Tucuruí; Aumento da incidência de doenças; Pressões sobre as Terras Indígenas.
Economia	Geração de empregos; Perda na produção pesqueira; Mudança na estrutura produtiva agroextrativista; Declínio da produção tradicional e estagnação econômica, sobretudo, a jusante que teve queda da produtividade na extração do cacau nativo e do açaí das margens do rio por causa das alterações na qualidade da água; Urbanização desordenada; Pesca comercial no reservatório; Conflito entre pescador artesanal e comercial; Queda de produção nas atividades tradicionais desenvolvidas nas várzeas apontada pelos produtores locais; Conflitos de interesse em decorrência da valorização da terra; Expansão da exploração predatória da madeira; Conflito fundiário

Fonte: Mendes, 2005.

## b. Impactos Ambientais

Segundo Moret (2005, *on-line*):

O impacto ambiental é a alteração no meio ambiente ou em algum de seus componentes por determinada ação ou atividade humana. Estas alterações precisam ser quantificadas, pois apresentam variações relativas, podendo ser positivas ou negativas, grandes ou pequenas.

Os Estudos de Impacto Ambiental - EIA e o Relatório de Impacto Ambiental - RIMA, segundo o artigo 5º da Resolução do Conama nº 01.

Devem ser elaborados, por equipe multidisciplinar e contemplará todas as alternativas tecnológicas e de localização de projeto, confrontando-as com a hipótese de sua não execução, a identificação e avaliação sistemática dos impactos ambientais gerados nas fases de implantação e operação e a definição dos limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos, denominada área de influência do projeto. Levará ainda em consideração a bacia hidrográfica na qual se localizam os planos e programas governamentais, propostos e em implantação na área de influência do projeto, e sua compatibilidade com o empreendimento cujos impactos estão sendo avaliados. (1986, p. 02).

Destarte, observa Grimoni *et al.* (2004) que:

A possibilidade do Desenvolvimento Sustentável, especialmente no âmbito dos sistemas energéticos, é diferente a cada momento e a cada instância geográfica, tudo referido ao ser humano, em suma, afetado, ou modelado, por elementos socioeconômicos (riscos, fraquezas e restrições), pelos recursos e fontes (uso não racional, suprimento desigual) e pelo Meio Ambiente..." (p. *on-line*)

Nesse sentido, aparecem os conceitos e princípios de desenvolvimento sustentável que ainda estão em elaboração conceitual, alicerçado numa perspectiva de crescimento com a adequada consideração dos efeitos sobre a qualidade de vida, a ecologia e as habilidades das futuras gerações. O que se espera é encontrar um equilíbrio entre a manutenção do crescimento econômico, o uso prudente dos recursos naturais e proteção ambiental e o progresso social que reconheça a necessidade de todos.

Conforme o disposto por Mirra (2002, p. 7), pode-se os principais fatores ambientais e impactos decorrentes das barragens encontram-se demonstrados no Quadro 2.

## Quadro 2 - Impactos mais comuns na implantação de barragens

Fatores Abióticos	Águas (hidro e Limnologia)	<u>Redução da concentração de oxigênio</u> <u>Estratificação térmica</u> <u>Estratificação hidráulica</u> <u>Retenção de material sólido hidrotransportado</u> <u>Variações do nível e da vazão do reservatório</u> <u>Elevação dos níveis freáticos</u>
	Clima	<u>Temperatura</u> <u>Umidade relativa</u> <u>Insolação</u> <u>Ventos</u>
	Geologia (Sismologia)	<u>Aumento na frequência de abalos sísmicos</u>
Fatores Bióticos	Afogamento da Vegetação	<u>Produção de gases sulfídricos e metano</u> <u>Eutrofização da água</u> <u>Ploriferação de algas</u> <u>Ploriferação de macrófitas</u> <u>Depleção do oxigênio dissolvido</u> <u>Ameaça à biodiversidade local</u>
	Fauna terrestre	<u>Deslocamento de animais de seu habitat natural</u> <u>Afogamento de animais que não conseguiram fugir</u> <u>Desequilíbrio de outros habitats onde foram introduzidos animais resgatados</u>
	Fauna Aquática	<u>Alteração das espécies aquáticas no reservatório</u> <u>Influência na ocorrência da Piracema</u> <u>Obstáculo na migração reprodutiva dos peixes</u>

Fonte: Mirra (2002, p. 7)

## 2.4 PRINCIPAIS IMPACTOS POSITIVOS DAS BARRAGENS

### Quadro 3 - Impactos positivos e descrição de barragens

Impactos Positivos	Descrição
Produção de energia	A energia hidroelétrica é uma das energias renováveis de maior importância a nível mundial; em muitos países a força da água dos rios é aproveitada através de barragens.
Abastecimento	As grandes áreas urbanas e industriais têm grandes necessidades de água, nessa medida existem grandes barragens de armazenamento de água para satisfazer as populações.
Rega	À semelhança das barragens que servem para o abastecimento de grandes áreas urbanas, também existem barragens para abastecer as áreas rurais, não com a função de satisfazer as necessidades das populações, mas sim para a rega dos campos agrícolas
Defesa contra cheias	Para controlar a água de grandes chuvas, existem algumas barragens destinadas a proteger os territórios a jusante das mesmas.
Recreio	Não há grandes barragens que tenham sido erguidas exclusivamente para este fim; a construção de uma barragem pode, porém, fomentar atividades ligadas ao recreio/lazer, tais como a prática de desportos náuticos ou a construção de unidades hoteleiras.
Rejeitados	Para retenção de rejeitados minerais.

Fonte: Mirra (2002, p.21).

Dentre os fatores positivos concernentes à construção de barragens, atualmente, a maior consideração é caracterizada como a funcionalidade múltipla da obra, posto que, desta forma, os altos custos empregados no projeto e processo construtivo, bem como seus relevantes impactos, podem ser minimizados através dos ganhos de finalidade do barramento, ou seja, os aspectos positivos da construção.

## 2.5 INOVAÇÕES DE BARRAGENS

Atualmente, os profissionais têm a necessidade de cumprir com sua função contemporânea atendendo às exigências impostas pelo mercado competitivo de trabalho, não só do ponto de vista da criatividade e apresentação de meios para trabalhar as patologias construtivas, mas ainda, para enfrentar os desafios que a natureza concebe. Em se tratando de barramentos, Cruz (1996) afirma que:

Quando se discute projeto e construção de barragens, o mais importante é ter uma postura adequada. Deve-se correr riscos, porque caso contrário, a Engenharia não se move, mas o conhecimento básico e a observação do comportamento da obra devem ser sempre avaliados a fundo. (p. 18)

Nesse contexto, de acordo com Cipolat et al. (2010), ao construir a PCH Granja Velha, no município de Taquaruçu do Sul – RS, o Grupo Creluz preocupado com a questão ambiental, buscou formas de minimizar os danos provocados à natureza. Destaca-se a utilização de barragem basculante, um dos primeiros experimentos feitos no Brasil, e que evitou o alagamento de áreas próximas da represa, preservando o meio ambiente.

## 3. METODOLOGIA

Este trabalho foi elaborado a partir da metodologia qualitativa, por meio de um estudo preliminar da funcionalidade do barramento articulado utilizando a ferramenta computacional em terceira dimensão – 3D Lumion 3.2 Free, baseado nos estudos de projeto. O tema refere-se à avaliação da implantação de uma barragem para acúmulo parcial das águas do Rio Formoso, realizando represamento no mesmo patamar dos níveis das águas do Rio Formoso.

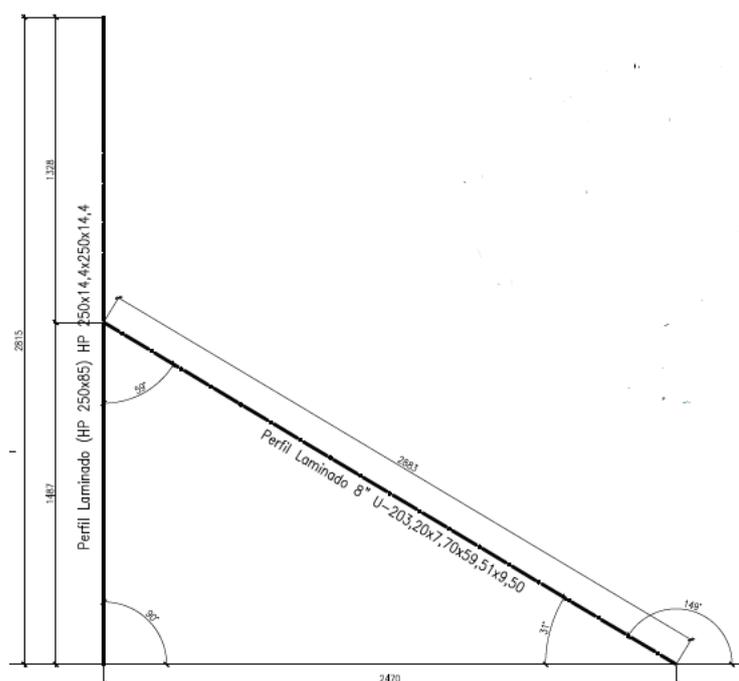
A obra foi iniciada em 2014 com sua fundação, a parte metálica iniciou em julho de 2016 com previsão de término em dezembro de 2016. Neste período, foram consultadas as legislações, normas, livros elaborados por profissionais de Engenharia Civil, artigos técnicos publicados por entidades de classe e profissionais de engenharia com *know how* sobre o assunto, pareceres técnicos de análises realizadas e feito entrevista com os responsáveis pelo projeto e execução do trabalho em estudo.

Visitas serão realizadas para a coleta de informações sobre o processo de retirada do material e posterior execução do empreendimento, além de desenvolvimento de relatório fotográfico, mão de obra, leitura de projetos.

Faz parte deste trabalho, buscar profundamente fontes de pesquisas com informações claras, realistas e sujeitas ao problema, por meio de conceitos teóricos fidedignos no que se refere ao tema, possibilitando o estudo e a consecutiva interpretação bibliográfica.

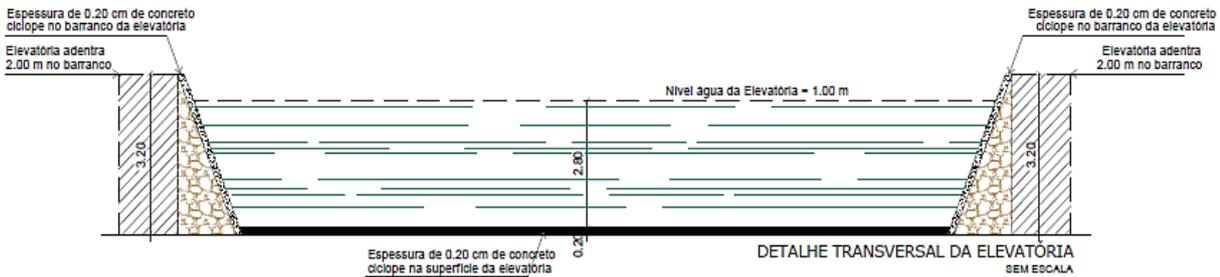
Para melhor entendimento, será disposto abaixo detalhes do projeto.

**Figura 1 - Eixo do pórtico**



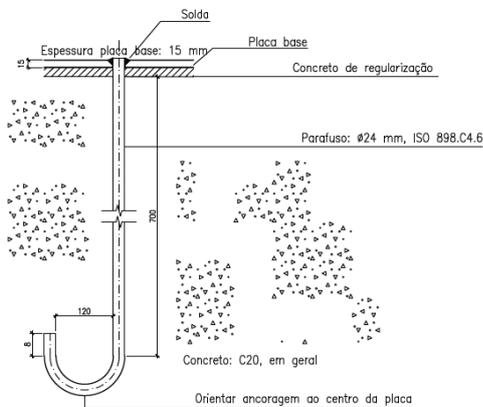
Fonte: Progetti Arquitetura e Engenharia.

**Figura 2 - Detalhe transversal da elevatória**



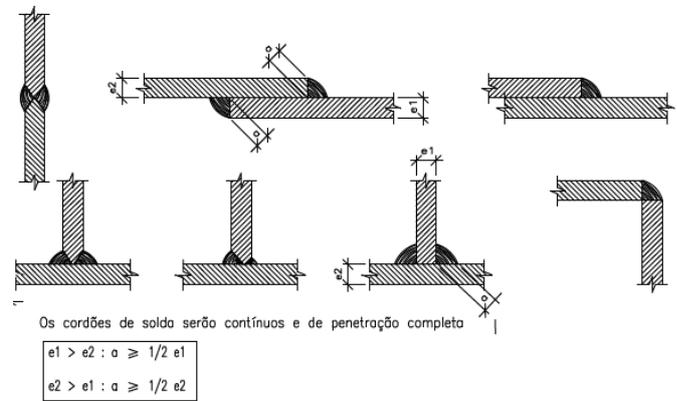
Fonte: Progetti Arquitetura e Engenharia.

**Figura 3 - Detalhe da ancoragem**



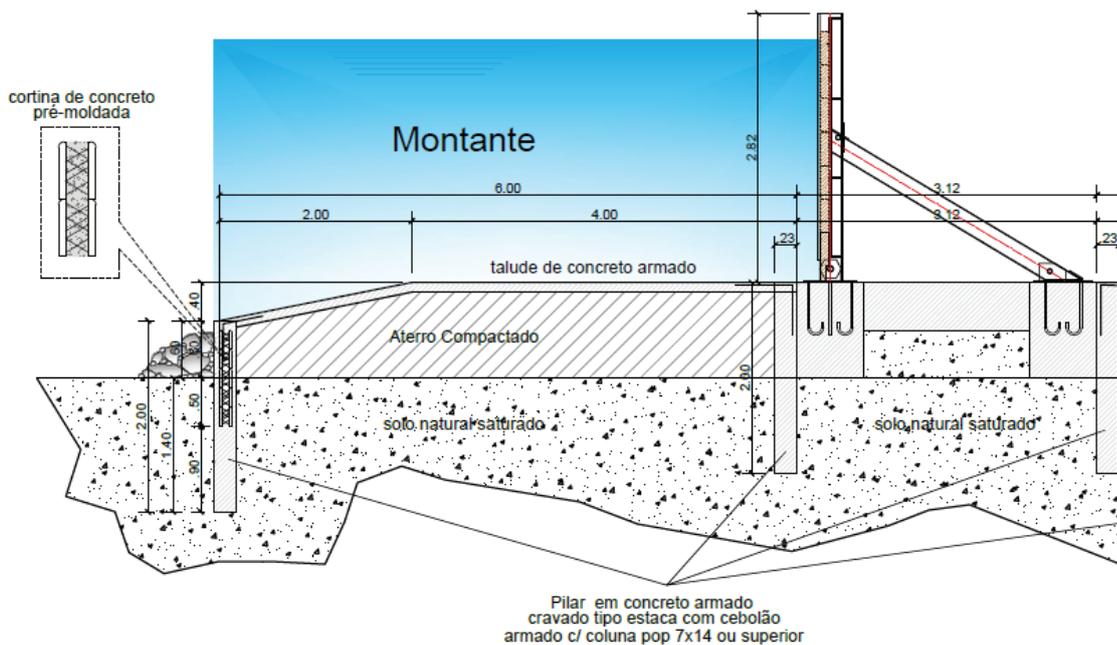
Fonte: Progetti Arquitetura e Engenharia.

**Figura 4 - Alternativas de soldas**



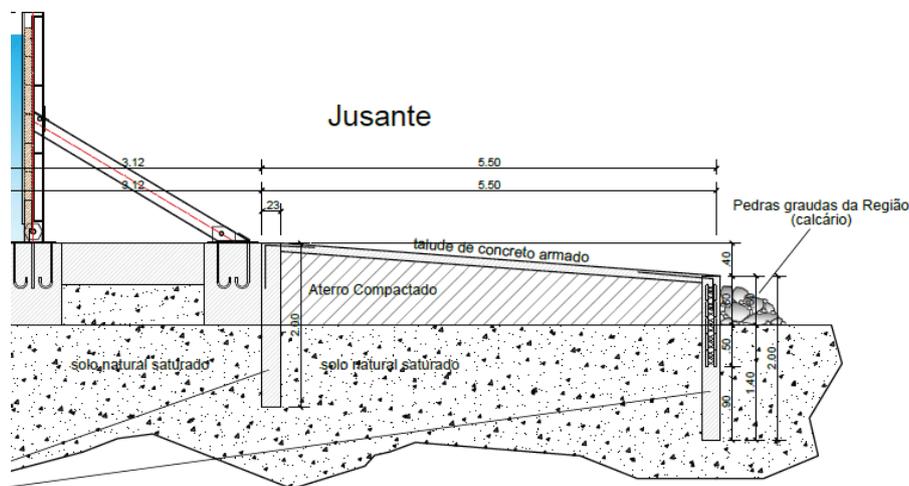
Fonte: Progetti Arquitetura e Engenharia.

**Figura 5 – Corte longitudinal da montante da barragem**



Fonte: Progetti Arquitetura e Engenharia.

**Figura 6 – Corte longitudinal da jusante da barragem**



Fonte: Projetti Engenharia

Após o estudo referente ao tema do trabalho, foram elaboradas imagens gráficas em 3D (três dimensões), conforme anexo da presente elaboração, baseado no estudo bibliográfico, através do método dedutivo – descritivo, no qual essas informações serão transportadas para a exemplificação visual, no intuito de facilitar a visão geral referente às barragens de águas.

Assim, o Lumion é uma ferramenta de visualização arquitetônica 3D em tempo real para Arquitetos, Urbanistas, Designers e Engenheiros Civis.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Diferente dos demais modelos de barragens, a barragem articulada aparece como uma inovação e traz consigo diversas vantagens, as quais se dão pela facilidade para articulação/modulação de sua estrutura, tempo de execução reduzido se comparado com os demais tipos de barragens e por se tratar de uma obra limpa. Tem as manutenções anuais para melhor conservação da estrutura e o processo manual de elevação da estrutura e danos ambientais como desvantagens.

Nestes termos, por se tratar de algo novo e em fase de avaliação, foi delimitada a área de estudo na parte estrutural da barragem, a fim de expor mais detalhadamente as problemáticas de um método inovador e sua funcionalidade.

#### 4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E PRIMEIRA ETAPA

Em 11 de junho de 2016, fez-se uma vistoria técnica pelo NATURATINS nos empreendimentos onde se encontram instalados 4 barragens provisórias (Figuras 7, 8, 9 e 10) construídas sobre a fundação inacabada de barragens de nível, auto vertente, construída com uma base de concreto, pilastras de material metálico e comportas de madeira com objetivo original de acúmulo parcial das águas.

Essa vistoria teve como objetivo identificar as divergências das obras construídas pelos agricultores dentro do leito do Rio, realizando assim os apontamentos iniciais da situação das obras. Foi constatado que as obras estavam em desacordo com as informações técnicas e os projetos de construção estabelecidos nos processos de Outorga de Recursos Hídricos e licenciamento ambiental requerido ao NATURATINS.

No primeiro momento, foi executada a base de concreto do barramento, porém, diferente das informações técnicas e dos projetos de construção estabelecidos nos processos de Outorga de Recursos Hídricos e licenciamento ambiental requerido ao NATURATINS, foram dispostos big-bags preenchidos com areia, sobrepostos entre si conforme figura 11.

**Figura 7** - Localização do barramento da Estância Ilha Verde



Fonte: Google Earth.

**Figura 8** - Localização do barramento da Estância Terra Negra



Fonte: Google Earth.

**Figura 9** - Localização do barramento da Faz. Canaã



Fonte: Google Earth.

**Figura 10** - Localização do barramento da Faz. Dois Rios



Fonte: Google Earth.

**Figura 11** - Barramento feito com saia de concreto e big-bags



Fonte: Do Autor.

Fez-se necessária a retirada desse material. A parte do material que servia como preenchimento foi depositado no lugar de onde foi retirado e separado do material reciclável (big-bag) para que esse material não fosse enterrado junto, poluindo o meio. Foi protocolado relatório de retirada e relatório fotográfico de acordo com o exigido pelo órgão.

#### 4.2 INSTALAÇÕES DAS ESTRUTURAS METÁLICAS

Após aprovação dos projetos pelos órgãos ambientais e de posse da LI – Licença de Instalação, foi autorizada a execução da terceira etapa da barragem, a instalação das estruturas metálicas. Considerando que a primeira parte foi de fundação e concreto das vigas e que a segunda foi destinada aos reparos necessários.

Toda essa estrutura, pórtico e articulação, foram fabricados fora da barragem. A parte de solda, nos perfis laminados, foi feita com solda MIG, apropriada para perfis laminados. Tudo minuciosamente medido, respeitando os padrões previstos em projeto e foram levados para o barramento prontos para montagem e solda da base. Dentro da barragem, fez-se o trabalho de colocar os chumbadores que são as chapas da base, colocada nas vigas de concreto, alinhada, nivelada e conferida no local (Figuras 12 a 15).

Vale ressaltar que essa terceira fase da obra foi desenvolvida por empresa com equipe especializada na área, e com o acompanhamento dos engenheiros responsáveis e técnicos do órgão fiscalizador, observando tudo para que fossem tomadas as melhores decisões, garantindo qualidade e evitando problemas futuros.

**Figura 12** - Detalhes da base feita de estrutura metálica



Fonte: Autor.

**Figura 13** - Detalhes da base metálica que receberá o pórtico



Fonte: Autor.

**Figura 14** - Instalação dos pórticos



Fonte: Autor.

**Figura 15** - Estrutura concluída



Fonte: Autor.

A estrutura articulada ficará deitada no Rio Formoso durante nove meses e na época da estiagem será erguida, para assim o nível do rio permanecer alto e impedir que haja desidratação do plantio irrigado e ainda perenizá-lo.

Tanto para elevar, quanto para deitar a estrutura, será utilizada uma PC Retroescavadeira capaz de fazer a amarração do pórtico para articulação.

**Figura 16 - Amarração da estrutura**



Fonte: Autor.

**Figura 17 - Estrutura içada**



Fonte: Autor.

#### 4.3 TESTES OPERACIONAIS (MADEIRAMENTO)

Com toda estrutura metálica executada e pronta para receber o fechamento, foram feitos testes operacionais dos barramentos. No início de 2016, foi realizado o primeiro teste operacional da barragem articulada na Fazenda Dois Rios e Fazenda Ilha Verde, com acompanhamento do NATURATINS, técnicos da ANA, responsáveis técnicos da parte estrutural e ambiental do barramento e proprietários do empreendimento.

Fez-se o fechamento da primeira fiada com as placas de madeira (147x30x7 cm) e observou-se que a água começou a passar por cima devido à força d'água, pois o Rio estava com a altura de 10 centímetros acima da saia de concreto.

Foi autorizada a colocação da segunda fiada e o barramento ficou em observação durante 24 horas (Figura 18). Foi constatado que um dia após o fechamento de parte da estrutura já houve uma elevação do nível de água do rio de pelo menos 70 centímetros, segundo o engenheiro responsável.

Antes do início das chuvas de 2016, ainda foi possível fazer o fechamento da estrutura com a terceira fiada de madeira (Figura 19) nas barragens da Fazenda de Dois Rios e Fazenda Ilha Verde.

As barragens permaneceram com três fiadas de tábuas durante todo o período chuvoso, passaram-se as chuvas e já próximo de adquirir a LO – Licença de Operação, o NATURATINS permitiu a inserção de mais uma fiada, fazendo com que o rio alcançasse 1,20 metros de altura acima da saia de concreto.

**Figura 18** - Fechamento da primeira fiada da barragem com placas de madeira



Fonte: Autor.

**Figura 19** - Barragem em operação com 3 fiadas de madeiras fazendo o fechamento



Fonte: Autor.

Conseguida a LO, foi solicitada, pelo responsável técnico dos barramentos, a inserção de mais algumas fiadas, totalizando em sete fiadas de tábuas nos dois barramentos (Figura 20). Percebeu-se um aumento no nível da água do Rio não só próximo à barragem, mas em todo o seu percurso. E com isso optou-se por não colocar as duas últimas fiadas, visto que as já instaladas atenderam ao esperado.

O processo de colocação das tabuas foi feito por embarcação, por balsa e também por canoas como visto nas figuras 21 e 22.

As tábuas são sempre colocadas pela montante e nunca pela jusante. Inicialmente, se faz a montagem de pé, os operários entram na água na altura do joelho, e vão colocando as tábuas até chegar pela cintura e posteriormente é feito o fechamento com uso da embarcação, tornando um processo mais seguro.

**Figura 20** - Barramento em operação com 7 fiadas de madeira



Fonte: Autor.

**Figura 21** - Fechamento da barragem com uso de voadeira



Fonte: Autor.

**Figura 22** - Fechamento da barragem com uso de balsa



Fonte: Autor.

## 5. CONCLUSÃO

Diferente dos demais modelos de barragens, a barragem articulada aparece como uma inovação e traz consigo diversas vantagens, as quais se dão pela facilidade para articulação/modulação de sua estrutura, tempo de execução reduzido se comparado com os demais tipos de barragens e por se tratar de uma obra limpa.

A estrutura ficará elevada por três meses, quando começar a operar com 100% (cem por cento) do fechamento da estrutura, e a intenção é reter a água do Rio Formoso na época da seca, deixando o nível d'água alto, impedindo assim a desidratação do plantio que usa essa água para irrigação e ainda perenizando o rio.

Na fase de testes, acompanhada durante a confecção deste trabalho, o nível do Rio subiu consideravelmente, chegando a uma altura de 4,14 metros no barramento da Fazenda Dois Rios, sendo a barragem dessa propriedade e a da Fazenda Ilha Verde as primeiras a entrarem em fase de testes.

Entre os aspectos negativos acompanhados, verificou-se que no início da obra faltou planejamento, havendo ainda um processo de mudança de engenheiros, pois o atual responsável não foi o responsável pela execução da estrutura de concreto, mas sim pela recuperação das estruturas e demais instalações feitas posteriormente.

Entre as maiores desvantagens vistas nessa obra estão as manutenções que devem ser feitas anualmente para melhor conservação da estrutura; processo manual de fechamento das estruturas com as placas de madeira. Risco de acidentes visto que não houve uso de corda, boia ou sinto de segurança para os operários que

precisavam entrar na água para fazer o fechamento da barragem. Outro fato é o uso de retroescavadeira para elevar e prostrar a estrutura, pois o maquinário só entra no rio quando o ele tiver com 60 centímetros de água. Deve-se considerar, ainda, os danos ambientais causados por esse tipo de empreendimento.

O barramento articulado pode ser considerado como uma obra que é temporária e que apresentaria um trabalho dificultoso de desmontar toda estrutura, tirar pra fora do rio e na época necessária colocar novamente.

. No entanto, o barramento poderá, ainda, contribuir muito com a saturação do solo e deixar o lençol freático mais alto, melhorando a cada ano o processo de saturação do solo. Entretanto, é muito cedo para avaliar esse aspecto.

A computação gráfica tem a capacidade de expressão clara da teoria e da prática construtiva, entretanto, as ferramentas de geração de imagens ainda não foram definitivamente apresentadas e utilizadas na área da Engenharia Civil, requerendo maior esforço e conhecimento por parte dos profissionais do ramo. É importante destacar que, todos os anos, são disponibilizados no mercado relevante quantidade de novos softwares com recursos de obtenção plena, sofisticação e realidade virtual que agregam valor aos empreendimentos.

## REFERÊNCIAS

ABES – Associação brasileira de engenharia sanitária. **Curso de estudos de impacto ambiental e relatórios de impacto ambiental**. Rio de Janeiro, 1987. 300p.

BRASIL ESCOLA, A era apocalíptica – Texto 2. Disponível em: <<http://brasilecola.uol.com.br/geografia/era-apocaliptica2.html>> Acesso em: 23 de outubro de 2016.

CARVALHO, L.H., **Curso de Barragens de Terra**. v.1, 173p., Fortaleza, 1983;

**COMITÊ BRASILEIRO DE BARRAGENS (CBDB): A história das Barragens no Brasil**. Rio de Janeiro, 2011.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução nº 01, de 23 de janeiro de 1986**. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>> Acesso em: 01 de novembro de 2016.

CIPOLAT, Carina; SILVEIRA, Djalma; LUDKE, Queila; ENGELMANN, Michele; BRAUN, Adeli. **Energia limpa, renovável e sustentável**: estudo de caso no grupo creluz. Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. Bauru, 2010.  
Disponível em: <http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2010/XI-007.pdf>  
Acesso em: 27 de outubro de 2016.

COMISSÃO MUNDIAL DE BARRAGENS. Barragens e Desenvolvimento. 2000b.

CRUZ, Paulo Teixeira da. **100 Barragens Brasileiras**: casos históricos, materiais de construção, projeto. São Paulo: Ofinina de Textes, 1996.

GRIMONI, José Aquiles Baesso. et al. **Iniciação a Conceitos de Sistemas Energéticos para o Desenvolvimento Limpo**. EDUSP. São Paulo, 2004.

MENDES, N. A. S. **As usinas hidrelétricas e seus impactos**: os aspectos socioambientais e econômicos do Reassentamento Rural de Rosana - Euclides da Cunha Paulista. Presidente Prudente. Unesp, 2005.

MIRRA, Álvaro Luiz Valery. **Impacto Ambiental** – Aspectos da Legislação Brasileira. 2. ed. São Paulo: Ed. Juarez de Oliveira, 2002.

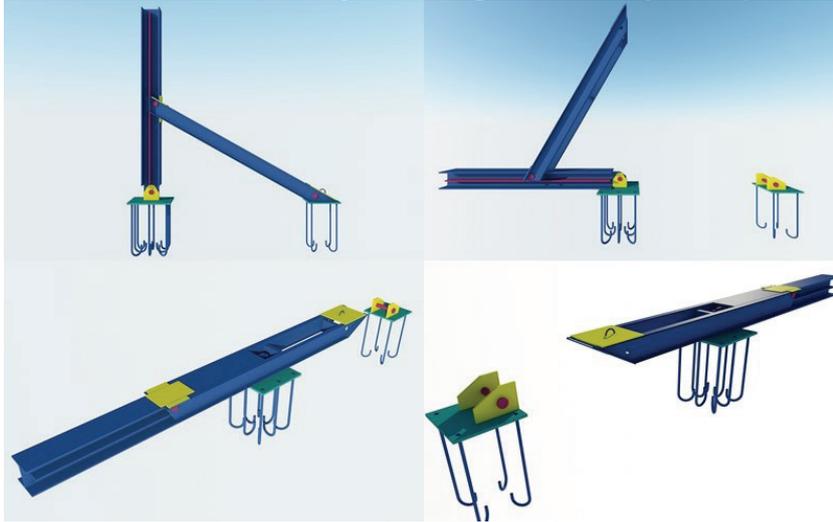
MORET, Artur de Sousa. **Viva o Rio Madeira Vivo** – Diga Não às Barragens no Madeira. Campanha Popular. Rondônia, 2005.

NATURATINS. **Relatório de vistoria às barragens da Associação dos Produtores Rurais do Rio Formoso**. Palmas, 2016.

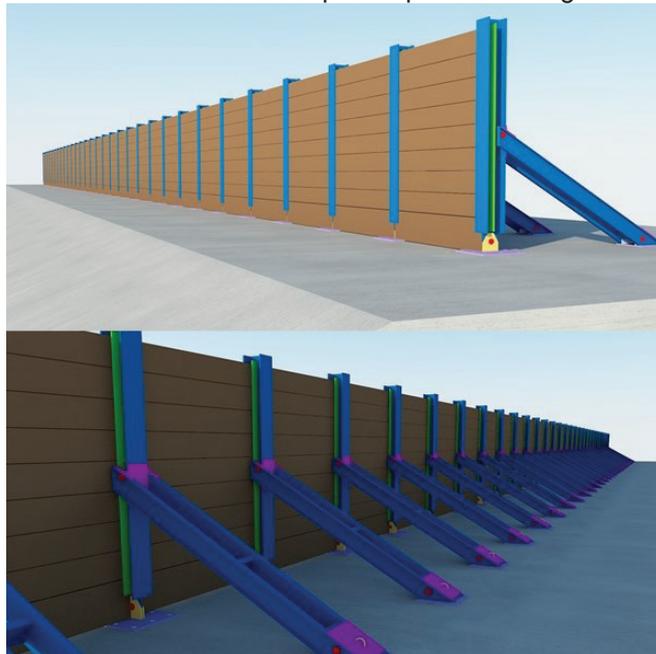
OLIVEIRA, Antonio Manuel do Santos; BRITO, Sérgio Nertan Alves de. **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998.

## ANEXOS

ANEXO I – Detalhes da estrutura de aço da barragem e articulação dos pórticos metálicos.



ANEXO II – Estrutura pronta para barrar água.



ANEXO III – Visão a montante e a jusante da barragem com a mesma já em operação.

