

ESTUDO HIDROSEDIMENTOLÓGICO DO LAGO GUAÍBA
CONTRATO Nº 22/2018

PRODUTO 09 – RELATÓRIO DE PROPOSTA DE CRITÉRIOS DE EXTRAÇÃO

REALIZAÇÃO:



GOVERNO DO ESTADO
RIO GRANDE DO SUL
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE
E INFRAESTRUTURA

EXECUÇÃO:

RHA
RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTAIS
ENGENHARIA

CURITIBA - PR
NOVEMBRO/2019

ESTUDO HIDROSEDIMENTOLÓGICO DO LAGO GUAÍBA**CONTRATO Nº 22/2018****Emissão Inicial**

Rev.	Data	Elaborado por	Verificado por	Autorizado por	CREA Responsável Técnico	CE
1	18/11/2019	TM; JG	AP	CSG	67059-D	AF
0	01/11/2019	TM; JG	AP	CSG	67059-D	AE

CE – Códigos de emissão**AE** Aprovado para emissão **AF** Aprovação final **VS** Versão preliminar **CD** Cancelado

**GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA (SEMA/RS)**

Av. Borges de Medeiros, nº 261, 14º andar
Centro Histórico, Porto Alegre – RS – Brasil

Secretário de Estado do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
Artur Lemos Júnior

Fiscal titular de acompanhamento e execução do contrato
Amanda Wajnberg Fadel

Fiscal suplente de acompanhamento e execução do contrato
Fernando Comerlato Scottá

RHA ENGENHARIA E CONSULTORIA SS LTDA

Rua Voluntários da Pátria, 400 – 14º andar
CEP 80020-000 - Centro - Curitiba - PR - Brasil
Tel./Fax +55 41 3232 0732 - www.rhaengenharia.com.br

REPRESENTANTE LEGAL

Candice Schauffert Garcia

Engenheira Civil
Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental
csgarcia@rhaengenharia.com.br

EQUIPE PERMANENTE

Coordenadora Geral, Técnico e Administrativo

Eng.^a Civil, M.Sc., Candice Schauffert Garcia

Engenheiro de Recursos Hídricos 1

Eng.º Civil, M.Sc., Laertes Munhoz da Cunha

Engenheiro de Recursos Hídricos 2

Eng.^a Civil, M.Sc., Márian da Costa Rohn

Coordenadora Executiva

Eng.^a Ambiental, Esp., Andréia Pedroso

Técnica em Sistemas de Informações Geográficas

Geógrafa Karine Krunn

Auxiliar Administrativo

Veridiana Dias da Cruz

EQUIPE COMPLEMENTAR

Físico, Dr., José Eduardo Gonçalves

Oceanógrafa, M.Sc., Tábata Fernanda Vilas Boas de Miranda

Engenheiro Ambiental, M.Sc., Hugo de Oliveira Fagundes

Engenheira Ambiental, Renata Barão Rossoni

Estagiária em Geografia Thais Regina Paes

DADOS CONTRATUAIS

Contrato nº 22/2018 de 17 de setembro de 2018.

Número do processo administrativo eletrônico: 18/0500-0000570-8.

Ordem de Início dos Serviços nº CT-0290 de 13/11/2017.

Partes: Estado do Rio Grande do Sul, por intermédio da Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, e RHA Engenharia e Consultoria SS Ltda.

Objeto: Contratação de serviços de empresa especializada para prestação de serviços de Estudo Hidrossedimentológico do Lago Guaíba.

Vigência: 06 meses a partir da data definida na Ordem de Início dos Serviços (com aditamento de prazo de 06 meses).

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. CENÁRIOS SIMULADOS NOS MÓDULOS II E III.....	9
TABELA 2. CARACTERÍSTICAS ÁREAS DE DRAGAGEM MODELO BAIXO JACUÍ – MÓDULO II	10
TABELA 3. CARACTERÍSTICAS ÁREAS DE DRAGAGEM MODELO LAGO GUAÍBA – MÓDULO III	11

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	OS MODELOS HIDRODINÂMICOS E DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS DO BAIXO JACUÍ E LAGO GUAÍBA	7
3	ORIENTAÇÕES E RECOMENDAÇÕES PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO NO LAGO GUAÍBA	9
4	REFERÊNCIAS	12

1 INTRODUÇÃO

Devido à diversidade do seu substrato geológico, a Região Hidrográfica do Lago Guaíba apresenta um potencial mineral significativo (PBH – LAGO GUAIBA, 2016). Em relação à mineração de areia, dentre os anos de 2004 e 2014 houve um aumento de aproximadamente 90% da quantidade de requerimentos para pesquisa e outorga de lavras, possivelmente associado ao aumento das demandas do mercado da construção civil (PBH – LAGO GUAIBA, 2016).

Para avaliar o impacto da atividade de mineração de areia no Lago, o estudo hidrossedimentológico da Região Hidrográfica do Lago Guaíba visou a obtenção do conhecimento da dinâmica de transporte de sedimentos do trecho final do Baixo Jacuí e do Lago Guaíba, considerando também as previsões de variações climáticas e do uso do solo até 2030.

Com base nos resultados obtidos, apresentados no *P05 – Relatório de Cenários Futuros de Mudanças Climáticas e Alterações de Uso e Ocupação do Solo a Partir da Modelagem Hidrossedimentológica da Região Hidrográfica do Lago Guaíba*, a presente proposição de critérios de extração visa estabelecer orientações e recomendações sobre a atividade de mineração no Lago Guaíba.

2 OS MODELOS HIDRODINÂMICOS E DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS DO BAIXO JACUÍ E LAGO GUAÍBA

Para a análise da dinâmica sedimentar do Lago Guaíba foram implementados dois modelos hidrodinâmicos e de transporte de sedimentos para a região. O primeiro modelo (*P03 - Relatório da Modelagem Hidrodinâmica e de Sedimentos do Baixo Jacuí – Módulo II*) foi implementado para o trecho final do Baixo Jacuí, e simulou a dinâmica de erosão, deposição e transporte dos sedimentos produzidos nas bacias afluentes a este trecho de rio (Alto Jacuí, Vacacaí-Vacacaí Mirim, Pardo, Taquari-Antas, Sinos, Caí e Gravataí). Os dados de entrada para o Módulo II, descarga líquida e descarga sólida, são provenientes da modelagem hidrológica realizada com o modelo MGB (*P02 – Relatório da Modelagem de Aporte de Sólidos e Líquidos da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba – Módulo I*).

O segundo modelo foi implementado para a Lago Guaíba (*P04 - Relatório da Modelagem Hidrodinâmica e Transporte de Sedimentos do Lago Guaíba – Módulo III*) e forneceu as zonas de tendência erosiva e deposicional e as taxas de erosão/deposição de áreas de interesse do Lago. Os dados de entrada para o Módulo III, descarga líquida e descarga sólida, são provenientes da modelagem hidrodinâmica realizada no trecho final do Baixo Jacuí (Módulo II).

Os dois módulos foram calibrados e validados com base em dados e na literatura disponíveis para a região. Os resultados hidrodinâmicos obtidos mostraram que os modelos responderam

adequadamente às forçantes. A comparação entre os níveis modelados e observados nos períodos de calibração mostraram que os modelos encontram-se em fase com os dados observados, apresentando coeficientes estatísticos que mostram boa aderência. Uma vez que os modelos reproduzem adequadamente o campo de elevação como consequência direta, o campo de velocidade, que é uma das variáveis mais importantes em estudos de transporte de sedimentos, entende-se que também foi bem representado.

Com relação à dinâmica sedimentar, no Módulo II a resposta do modelo de transporte de sedimento aos fatores hidrológicos e aos campos hidrodinâmicos correspondentes mostrou que sedimentos com granulometria da ordem de 150 μm (areia fina) são transportados principalmente por arraste de fundo. No entanto, quando são observadas vazões intensas, superiores a 8.000 m^3/s , ocorre a suspensão de areia e conseqüente transporte pela coluna da água. A dinâmica de erosão e deposição de sedimentos ocorreu em concordância com outros estudos já realizados, demonstrando que os dados batimétricos utilizados representam adequadamente a geometria do rio.

A análise do transporte de sedimentos coesivos, que se caracterizam por serem mais leves e por isso permanecem em suspensão por um período mais longo, mostrou comportamento análogo ao observado nas análises da areia. Ou seja, para os períodos de vazões baixas ($< 1000 \text{ m}^3/\text{s}$ – tempo de permanência de 34% – $Q_{90} = 359,18 \text{ m}^3/\text{s}$), sedimentos do tipo silte e argila, quando entram no sistema através do contorno do rio Jacuí permanecem em suspensão por aproximadamente 25 km. A partir desse ponto, não é mais possível observar concentrações significativas desse tipo de sedimento em suspensão na coluna da água. Por outro lado, quando as condições hidrológicas favorecem descargas superiores a 6.000 m^3/s (tempo de permanência equivalente a 0,5%), a pluma de sedimento mais fino permanece em suspensão, atravessando toda a extensão do rio, até atingir o Lago Guaíba.

Os resultados obtidos para o Modelo Hidrodinâmico do Lago Guaíba (Módulo III) demonstram que o principal meio de transporte de sedimentos coesivos (silte e argila) e não coesivos (areia) é o transporte pela descarga do leito e se dá em momentos de descargas elevadas, superiores a 8.000 m^3/s (tempo de permanência de 3,2%). Os sedimentos mais pesados (areia) se depositam na porção ao norte do domínio e seu transporte, em momentos de elevadas descargas, provoca seu espalhamento. Mesmo assim as maiores concentrações de areia no fundo ficam restritas ao extremo norte do domínio, ocorrendo em menor proporção na região central do lago.

As velocidades mais intensas, superiores a 2,0 m/s, provocadas pelas vazões extremas ($> 8.000 \text{ m}^3/\text{s}$ – $Q_{90} = 672,35 \text{ m}^3/\text{s}$), geram o transporte dos sedimentos mais leves (coesivos) por todo o domínio, até a conexão com a Laguna dos Patos, onde ocorre a sua expulsão para fora do domínio do modelo. Com base nas forçantes utilizadas para gerar a circulação hidrodinâmica no interior no Lago Guaíba,

não foi observado o transporte de sedimentos mais pesados (não coesivos = areia) para fora do domínio. A energia dos fluxos gerados foi suficiente para ressuspender a areia já depositada, porém não foi observado o transporte de sedimentos não coesivos até o limite da fronteira sul.

Diferente do Módulo II, em simulações onde não foram consideradas o campo de ondas como forçante para o Lago Guaíba, não se observou nenhum ponto de erosão. Com a introdução do campo de ondas, baseando-se em outros estudos realizados para a região, duas importantes áreas de erosão localizadas uma na margem direita e uma no limite sul, próxima à conexão com a Laguna dos Patos, foram observadas. Com isso, concluiu-se que as ondas, em conjunto com o aumento da descarga líquida, desempenham um importante papel na remobilização do sedimento de fundo no Lago Guaíba.

3 ORIENTAÇÕES E RECOMENDAÇÕES PARA A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO NO LAGO GUAÍBA

No Produto 05 – Relatório de Cenários Futuros de Mudanças Climáticas e Alterações de Uso e Ocupação do Solo A Partir da Modelagem Hidrossedimentológica da Região Hidrográfica do Lago Guaíba, foram considerados três cenários principais para as modelagens hidrodinâmicas: Histórico, abrangendo o período de 2006 a 2015; Cenário de Desflorestamento, considerando a condição de desflorestamento no período de 2016 a 2030, e o Cenário Tendencial, que apresenta as condições mais prováveis futuras de 2016 a 2030. Além das condições iniciais, também foi analisada a influência da atividade de mineração no Baixo Jacuí e no Lago Guaíba. Os cenários analisados são reproduzidos na TABELA 1.

TABELA 1. CENÁRIOS SIMULADOS NOS MÓDULOS II E III

Cenário	Módulo I	Módulo II	Módulo III	
ES_Desm_SJ_CG_NA	Desflorestamento	Sem mineração	Com mineração	Aumento do nível
MP_At_CJ_SG_NHist	Provável	Com mineração	Sem mineração	Nível histórico
MP_At_CJ_CG_NHist	Provável	Com mineração	Com mineração	Nível histórico
MP_At_SJ_CG_NHist	Provável	Sem mineração	Com mineração	Nível histórico
Hist_CJ_SG_NHist	Histórico	Com mineração	Sem mineração	Nível histórico
Hist_SJ_SG_NHist	Histórico	Sem mineração	Sem mineração	Nível histórico

- ES_Desm_SJ_CG_NA: Cenário com maior aporte de sedimentos, sem mineração no Jacuí, com mineração no Guaíba, com aumento no nível da Laguna dos Patos.
- MP_At_CJ_SG_NHist: Cenário mais provável de aporte de sedimentos, com mineração no Jacuí, sem mineração no Guaíba, com nível histórico na Laguna dos Patos.

- MP_At_CJ_CG_NHist: Cenário mais provável de aporte de sedimentos, com mineração no Jacuí, com mineração no Guaíba e com nível histórico na Laguna dos Patos.
- MP_At_SJ_CG_NHist: Cenário mais provável de aporte de sedimentos, sem mineração no Jacuí, com mineração no Guaíba e com nível histórico na Laguna dos Patos.
- Hist_CJ_SG_NHist: Cenário com aporte histórico de sedimentos, com mineração no Jacuí, sem mineração no Guaíba e com nível histórico na Laguna dos Patos.
- Hist_SJ_SG_NH: Cenário com aporte histórico de sedimentos, sem mineração no Jacuí, sem mineração no Guaíba e nível histórico na Laguna dos Patos.

Os polígonos de mineração do modelo do Baixo Jacuí foram inseridos com base nos *shapefiles* de áreas de concessão de mineração disponibilizadas pela SEMA/RS (2019), obtidas junto à divisão de mineração da FEPAM. Os arquivos continham, além dos polígonos com as áreas, o volume total permitido para dragagem, profundidade máxima e empresa responsável pela atividade na região (TABELA 2).

Os polígonos de mineração no modelo do Lago Guaíba foram criados a partir das informações disponibilizadas pela divisão de mineração da FEPAM (2019), de áreas de interesse para a exploração de areia identificadas em estudos de impactos ambientais, com exceção da Área 5, que foi adicionada com base no pacote sedimentar observado no Relatório do Levantamento Geofísico com Sísmica de Alta Resolução na Área do Lago Guaíba – RS (Nº01.HID.021/18-RE.001- R0), realizado por Belov (2019).

Utilizando as informações dos estudos, foram inseridos no modelo a quantidade máxima de areia a ser retirada durante a simulação e a profundidade máxima que poderia ser atingida (TABELA 2 e TABELA 3).

TABELA 2. CARACTERÍSTICAS ÁREAS DE DRAGAGEM MODELO BAIXO JACUÍ – MÓDULO II

Área	Profundidade máxima (m)	Volume máximo (m³/ano)
Área 1	11,0	307.200
Área 2	11,0	748.800
Área 3	11,0	864.000
Área 4	10,5	180.000
Área 5	9,5	180.000
Área 6	14,1	72.000
Área 7	9,0	144.000
Área 8	9,0	144.000
Área 9	9,0	144.000
Área 10	9,0	144.000

Área	Profundidade máxima (m)	Volume máximo (m ³ /ano)
Área 11	13,1	10.000
Área 12	6,3	19.200
Área 13	8,6	19.200
Área 14	5,6	19.200
Área 15	9,0	144.000

TABELA 3. CARACTERÍSTICAS ÁREAS DE DRAGAGEM MODELO LAGO GUAÍBA – MÓDULO III

Área	Profundidade máxima (m)	Volume máximo (m ³ /ano)
Área 1	4,0	360.000
Área 2	4,0	96.000
Área 3	4,0	96.000
Área 4	7,0	96.000
Área 5	7,0	96.000

A partir da análise dos mapas não foi possível notar alterações diretas na batimetria dos modelos devido ao processo de mineração, sugerindo que o volume máximo de sedimentos retirados por ano é atingido antes da profundidade máxima permitida. Quando analisadas as séries temporais das taxas de deposição e erosão fica mais evidente a ação do processo de mineração na deposição ou erosão de sedimentos. De maneira geral, quando comparados cenários com e sem mineração, os cenários que incluíam a atividade apresentaram maior taxa de erosão e menor deposição.

O mapa das zonas erosionais e deposicionais do Baixo Jacuí demonstra que as áreas de mineração correspondem a áreas de deposição de sedimento (em condições naturais), colaborando com a reposição de sedimentos nestes locais e contribuindo com a manutenção da atividade no corpo de água. Diferentemente do que ocorre no corpo hídrico do Jacuí, no Lago Guaíba, com excessão das Áreas de mineração 1 e 2, as Áreas 3, 4 e 5 localizam-se em regiões onde não foi identificado o acúmulo de sedimento, não ocorrendo o “reabastecimento” em caso de retirada. Em conjunto, a análise dos mapas de erosão/sedimentação do Lago Guaíba, correspondentes ao período total de simulação, demonstrou que mesmo no cenário de maior aporte de sedimentos (ES_Desm_SJ_CG_NA) a deposição de sedimentos ocorre essencialmente na região norte do domínio, dificultando o reabastecimento de sedimentos ao longo do lago.

Quando comparados os cenários, observou-se que a atividade de mineração simulada no modelo do Baixo Jacuí não apresentou alterações significativas na dinâmica sedimentar do Lago Guaíba, fato que pode estar relacionado com o baixo transporte de sedimentos encontrado nas simulações do Módulo III.

Conclui-se que, para a manutenção da atividade de mineração no Baixo Jacuí, deve-se manter constante monitoramento das forçantes hidrológicas e hidrodinâmicas envolvidas na dinâmica sedimentar da região, como também o monitoramento das descargas solidas, principalmente de sedimentos não coesivos, que fluem para o corpo hídrico. A partir da análise dos resultados encontrados no Modelo Hidrodinâmico e de Transporte de Sedimentos do Lago Guaíba, devido a não reposição de sedimentos em áreas do lago, entende-se que a manutenção do equilíbrio sedimentar, em caso de retirada de sedimentos pela atividade de mineração, não seria mantida.

4 REFERÊNCIAS

BELOV. Relatório do Levantamento Geofísico com Sísmica de Alta Resolução na Área do Lago Guaíba – RS. Contrato nº 18/2018. RELATÓRIO: N°01.HID.021/18-RE.001- R0. 2019.

PBH – LAGO GUAIBA. Plano da bacia hidrográfica do Lago Guaíba. RS – Relatório Final Síntese e SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA - GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL (SEMA/RS). 2019.