

**PROJETO 2: MONITORAMENTO E MODELAGEM AVANÇADOS COMO SUPORTE À GESTÃO INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS E AO DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE APOIO À DECISÃO PARA O GERENCIAMENTO DO LAGO PARANOÁ (SISTEMA BACIA-LAGO)**

Responsável Técnico: Sérgio Koide

Cargo: Professor Associado

Titulação: PhD

E-mail: skoide@unb.br

Tel: 61- 98151-9911

Viagem e Diária  
Sim ( ) Não ( X )

Nº Viagem: 0  
Nº Diária: 0

**Contextualização, justificativa e informações relevantes**

Mesmo com todos os esforços e recursos empregados no monitoramento do lago Paranoá no passado e na atualidade, os dados e as informações geradas não resultam na segurança adequada aos tomadores de decisão no que se refere ao entendimento dos processos ambientais; à estimativa dos impactos de cada tipo de carga de poluente aportado (em conjunto ou isoladamente); no estabelecimento dos limites de aporte de cargas ao Sistema como forma de evitar o retorno a níveis tróficos mais elevados; não propiciam a segurança adequada que facilite o gerenciamento do sistema lacustre e das bacias afluentes. Além disso, mesmo com todo o investimento, a Caesb não dispõe das tecnologias e sistemas de apoio mais avançados, disponíveis na atualidade, para o acompanhamento do lago Paranoá, tais como a incorporação, em sua rotina de trabalho, de sistemas de suporte à decisão que tenham como base a aplicação de modelos de bacias hidrográficas acoplados a modelos do sistema lacustre; aplicação de modelos de base física para a simulação 1D, 2D e 3D do sistema lacustre com previsão de respostas no médio e longo prazos; aplicação de modelos inferenciais com base em inteligência artificial para simulação do sistema lacustre com previsão de respostas no curto prazo; aplicação de sistema de monitoramento remoto de qualidade da água do sistema lacustre por meio de imagens obtidas por plataformas orbitais e aerotransportadas (RPAs).

A necessidade de aprimoramento:

- Associar e transformar o conjunto de ferramentas e tecnologias disponíveis na atualidade para o monitoramento intensivo (inclusive em tempo quase-real) e a incorporação dos dados e informações obtidos em simulações do ambiente lacustre na forma de um sistema de apoio à decisão efetivo e que propicie o apoio necessário ao gerenciamento do lago Paranoá. Esse desafio geral se desdobra em desafios científicos e tecnológicos específicos:
  - Contribuir com a construção de um Sistema de Apoio à Decisão que associe os dados de monitoramento das bacias afluentes e monitoramento limnológico do lago Paranoá, levantados com periodicidade mensal, à aplicação de modelos de simulação do sistema lacustre para as previsões dos efeitos do aporte de cargas nos médio e longo prazos com a avaliação, inclusive, dos limites de cargas aportadas ao Lago.
  - Contribuir com o desenvolvimento de um Sistema de Apoio à Decisão que associe os dados de monitoramento limnológico intensivo (“Ilha” de monitoramento em tempo real da Caesb e perfis de monitoramento intensivo, com data loggers, da UnB na Ponte JK e Ponte das Garças) à aplicação de modelos inferenciais para as previsões de curto prazo relacionadas ao florescimento de cianobactérias no Lago.
- Contribuir com o avanço do conhecimento referente à identificação das características ambientais e limnológicas “disparadoras” de florescimentos de cianobactérias no lago Paranoá (por gênero e por espécie);
- Contribuir com a geração de informações atualizadas sobre a alocação e estimativa das cargas de poluição difusas em todas as bacias hidrográficas afluentes e bacias de drenagem direta ao Lago;
- Contribuir com a geração de um melhor entendimento sobre a identificação dos efeitos das cargas de poluição difusas na dinâmica das condições físicas, químicas e bióticas do lago Paranoá e o delineamento de ações mitigadoras;
- Contribuir com o aprimoramento do conhecimento relacionado à influência das forçantes climáticas no processo de estratificação e mistura vertical da coluna d’água no corpo central do Lago e em todos os segmentos;

- Contribuir com o aprimoramento relacionado ao entendimento da influência do processo de estratificação e mistura na disponibilidade de nutrientes para as camadas superficiais da coluna d'água;
- Contribuir com a identificação das lacunas de dados existentes ou o levantamento de dados desnecessários no monitoramento das bacias afluentes e do monitoramento limnológico do lago Paranoá que é realizado na atualidade;
- Contribuir com a identificação dos melhores enfoques de análise a partir de simulação de modelos simplificados e modelos robustos para a simulação dos sistemas hídricos afluentes ao lago, com vistas à estruturação de um Sistema de Apoio à Decisão que utilize o enfoque mais adequado para cada análise necessária ao gerenciamento dos sistemas afluentes ao Lago;
- Contribuir com a identificação dos melhores enfoques de análise a partir de simulação 0D, 1D, 2D ou 3D para o entendimento dos processos lacustres mais importantes com vistas à estruturação de um Sistema de Apoio à Decisão que utilize o enfoque mais adequado para cada análise necessária ao gerenciamento do sistema lacustre;
- Desenvolver um protocolo de inversão de dados de sensoriamento remoto (orbital e aerotransportado) para a identificação de parâmetros de qualidade de água como sedimento em suspensão, matéria orgânica dissolvida, pigmentos marcadores de cianobactéria (cianoficoeritrina entre outros) e se possível na identificação e quantificação de fosfato; e
- Contribuir com a identificação de espécies de cianobactérias dominantes no Lago, compreendendo as condições ambientais locais que levam a formação de florações e produção de cianotoxinas, caracterizando o 'pool' genes da produção dessas substâncias tóxicas na comunidade fitoplanctônica para antecipar os riscos para a biota e população humana.

A Universidade de Brasília tem desenvolvido uma série de pesquisas ao longo dos anos com o propósito de gerar avanços relacionados aos desafios levantados, inclusive com o estabelecimento de várias parcerias com a Caesb. No entanto, algumas referências, apresentadas na sequência, apontam alguns objetivos a serem alcançados na gestão de todo o sistema Paranoá, bacias e Lago, que devem ser incorporadas no gerenciamento desse Sistema.

O Projeto de Pesquisa a ser desenvolvido contribuirá de maneira significativa para que essa incorporação seja alcançada.

**Pergunta de Pesquisa:** o problema do estudo deve ser uma especificação do tema da pesquisa, devendo ser bem definido e apresentado na forma interrogativa. A pergunta deve ser específica, clara, explícita e operacional, com o objetivo de se chegar, ao final do estudo, a uma resposta.

Como a atual e futuras ocupações na bacia do lago Paranoá impactam/impactarão a qualidade da água do lago a curto, médio e longo prazo e como prever esses impactos por meio de monitoramento e modelagem matemática do sistema BACIA-LAGO?

**Objetivos e Metas:** a pesquisa no setor de saneamento deve ter metas bem definidas e resultados previstos, por ser diferente da pesquisa acadêmica pura, que se caracteriza pela liberdade de investigação.

Objetivo geral: desenvolver sistema de apoio à decisão para o lago Paranoá com enfoque no acoplamento Bacia/Lago, composto pelo monitoramento e a modelagem das bacias afluentes e do monitoramento limnológico e por sensoriamento remoto e na modelagem hidrodinâmica 1D, 2D ou 3D do Lago com a avaliação dos balanços hídricos quantitativos e qualitativos e nas previsões relacionadas ao comportamento do Sistema Lacustre no curto, médio e longo prazos.

Objetivos Específicos:

1. Estimar a vazão e o aporte de carga de nutrientes ao lago Paranoá por meio de monitoramento de qualidade de água e da modelagem hidrológica e de qualidade de água a partir das aplicações dos modelos SWMM e SWAT.

2. Avaliar o comportamento hidrodinâmico e de qualidade da água no Lago Paranoá por meio de monitoramento limnológico e por sensoriamento remoto e pela simulação 1D, 2D ou 3D em conjunto com a estimativa de clorofila-a e de temperatura de superfície da água por sensoriamento remoto com o intuito de entender melhor o funcionamento do sistema (parte central do lago e braços) quanto à estratificação, qualidade da água e a influência de processos associados e promover a integração dos enfoques de análise de bacias e do Lago com o desenvolvimento de um Sistema de Apoio à Decisão para previsões do comportamento do sistema lacustre no curto, médio e longo prazos.

As metas são:

- A. Calibrar e verificar os modelos de simulação de bacias (SWMM ou SWAT) a partir das séries históricas de dados monitorados ou por dados gerados durante o Projeto de Pesquisa;
- B. Monitorar dados meteorológicos no entorno do lago Paranoá;
- C. Realizar o monitoramento intensivo de temperatura na coluna d'água em dois pontos distintos do lago Paranoá;
- D. Estimar a temperatura da superfície da água e a concentração de clorofila "a" por meio de sensoriamento remoto;
- E. Aplicar o modelo evolucionário híbrido HEA na previsão do florescimento de cianobactérias no lago Paranoá a partir da série histórica de dados monitorados;
- F. Calibrar e verificar o modelo hidrodinâmico 1D, 2D ou 3D e de qualidade de água para o lago Paranoá;
- G. Elaborar cenários preditivos de qualidade de água para o lago Paranoá no curto, médio e longo prazos a partir dos diferentes enfoques de modelagem;
- H. Estruturar o Sistema de Apoio à Decisão a partir da integração da modelagem de bacias e modelagem do lago Paranoá a ser baseado no estabelecimento de rotinas de simulações para previsões de qualidade de água de curto, médio e longo prazos;
- I. Monitoramento de *input* de nutrientes e metais (+potencialmente contaminante emergentes tais como Gd) na forma dissolvido e particulado;
- J. Análise das cargas provenientes dos principais tributários e das principais fontes pontuais, tais como as ETEs Sul e Norte;
- K. Monitoramento da carga de SPM nos principais tributários.

**Benefícios Esperados:** devem ser demonstrados separadamente, para os usuários e para a Concessionária, destacando para cada projeto, os impactos relevantes.

Para a Caesb:

Os benefícios envolvem otimização dos investimentos devidos, implementação de uma ferramenta eficiente de gestão da qualidade da água do lago e redução de índice de reclamações, homem-hora, insumos, tempo. A ferramenta permitirá que a CAESB possa responder à população em geral e ao poder público sobre os possíveis impactos sobre o Lago, de decisões sobre novas ocupações, novos lançamentos de efluentes e necessidade de transposições de efluentes.

Setor de Saneamento:

O SAD, após implementado, será utilizado pela Caesb no gerenciamento integrado do lago Paranoá e bacia de contribuição e poderá servir como exemplo para outras empresas do setor que utilizem lagos como mananciais.

A Caesb enfrenta o desafio de utilizar o lago Paranoá como corpo receptor de efluentes tratados e utilizá-lo como manancial de abastecimento humano. Os resultados da pesquisa, incluindo o SAD, beneficiarão de maneira direta a Caesb e, de maneira indireta, toda a sociedade do Distrito Federal. A estruturação de formas mais efetivas de entendimento dos processos do Lago e suas bacias afluentes poderão contribuir com a redução dos esforços de monitoramento, redução do tempo necessário para as análises e redução dos riscos relativos ao retorno de níveis mais elevados de eutrofização do Lago.

#### Sociedade e meio ambiente:

Em virtude do forte crescimento populacional e da intensificação das atividades econômicas nos setores imobiliário, agropecuário, industrial e de serviços no Distrito Federal, verifica-se uma forte pressão sobre os recursos naturais, colocando em risco o uso sustentável da água. Existem situações de graves conflitos ambientais quanto à ocupação do solo e uso dos recursos hídricos.

Um processo de gestão mais eficiente, baseados em modelagem dos sistemas hidrológicos, tendo como base dados robustos e realísticos, permitirá uma melhor intervenção dos órgãos gestões nas áreas críticas, geradoras dos problemas de qualidade/quantidade de água.

A crescente preocupação da sociedade com as questões ambientais e, principalmente, com as águas para consumo humano exigem que a companhia tenha instrumentos e processos que permitam dar resposta à sociedade, aos órgãos de fiscalização e controle e ao poder judiciário sobre impactos de decisões políticas e operacionais da empresa.

#### Para o negócio:

A Caesb foi a responsável pela recuperação da qualidade da água do lago Paranoá nos anos 1990. Naquela época, a recuperação se associou à importância que o Lago possuía para a população da Brasília por se tratar um sistema hídrico com múltiplos usos. Em anos recentes, além dos usos já existentes, o Lago se transformou em um manancial de abastecimento humano. A manutenção da qualidade de água no lago Paranoá é fundamental para o processo/negócio da Caesb em função, principalmente, dos investimentos já realizados na construção da ETA Lago Norte e da necessidade de utilização do Lago na captação da segunda estação de tratamento de água que deverá ser construída na região próxima à barragem. Além da importância da manutenção da qualidade de água do Lago para toda a sociedade, é fundamental para a Caesb ter à disposição as melhores informações e o melhor sistema possível de gerenciamento do Lago, compatível com o estado da arte do conhecimento, das ferramentas e métodos disponíveis no Mundo atualmente, como forma de garantir que as melhorias conquistadas no passado permaneçam.

#### Âmbito de aplicação do produto principal do projeto:

Para o negócio: Problemas de qualidade da água com os corpos hídricos superficiais do DF terminam por afetar, mesmo sem relação causal direta, a imagem da Caesb. Quanto melhor for a informação disponível para a Caesb sobre a dinâmica de qualidade de água dos sistemas hídricos do DF que servem como corpos receptores de efluentes tratados, como o lago Paranoá, mais bem preparada estará a Companhia para lidar com as situações. Outra questão se refere à qualidade da água captada no lago Paranoá para a ETA Lago Norte. Quanto melhor for a gestão do lago Paranoá, menores os custos para o tratamento da água.

#### Potencial de aplicação do projeto principal:

Os resultados da pesquisa, principalmente o Sistema de Apoio à Decisão a ser desenvolvido, após implementado, será utilizado pela Caesb no gerenciamento do lago Paranoá e poderá servir como exemplo para outras empresas do setor que utilizem lagos como mananciais.

O produto principal do Projeto de Pesquisa, o Sistema de Apoio à Decisão para o gerenciamento do Sistema do Lago Paranoá (Bacia-Lago), será desenvolvido para esse Sistema Lacustre, mas poderá ser adaptado para outros sistemas, inclusive para os demais mananciais lacustres do DF (Reservatórios do Descoberto, Santa Maria, Corumbá IV). O produto pode ajudar a responder as consequências de decisões operacionais do lago, como o estabelecimento das cotas operacionais do Lago ao longo do ano, vazões retiradas, turbinadas e vertidas.

#### **RELEVÂNCIA EM TERMOS DE IMPACTOS**

##### Contribuições e Impactos Tecnológico: Inovação Tecnológica de Processo

A inovação tecnológica associada ao projeto de pesquisa se caracteriza pelo desenvolvimento do conhecimento associado à aplicação de ferramentas e métodos avançados para o monitoramento e a modelagem das bacias afluentes e do lago Paranoá, tais como o monitoramento intensivo das águas drenadas de áreas urbanas, aplicação de sensoriamento remoto no monitoramento de qualidade de água do Lago, modelagem das bacias afluentes a partir de modelos matemáticos acoplados com geoprocessamento, modelagem 1D, 2D e 3D hidrodinâmica e de qualidade de água do sistema lacustre. Além

do conhecimento para a aplicação de todas essas tecnologias, a inovação ocorrerá, também, com o desenvolvimento do Sistema de Apoio à Decisão para o gerenciamento do Sistema do Lago Paranoá (Bacia-Lago).

**Contribuições e impactos socioambientais**

Benefícios ao meio ambiente e à sociedade, por meio do controle dos impactos negativos e aumento dos impactos positivos.

**Risco de impactos ambientais**

Os resultados dessa pesquisa têm aplicação direta na qualidade de vida da sociedade brasileira pois atualmente as ações de fiscalização, manutenção e recuperação dos recursos hídricos são tomadas após situações alarmantes, tais como a recente crise hídrica, proliferação de cianobactérias e assoreamento, entre outros. Espera-se que ao final do projeto os dados auxiliem os órgãos gestores de recursos hídricos do DF no planejamento e mobilização das ações de resposta de cunho preventivo, mitigatório e preparatório.

**Risco de impactos na segurança hídrica**

A Caesb foi a responsável pela recuperação da qualidade da água do lago Paranoá nos anos 1990, um sistema hídrico com múltiplos usos que passou a servir de manancial para abastecimento humano em anos recentes. De 1999 até o presente o Lago apresentou, em diferentes momentos, eventos esporádicos de florescimento de cianobactérias evidenciando a fragilidade do Sistema frente às cargas difusas de poluição urbana. O Projeto de Pesquisa terá um papel fundamental no fortalecimento do conhecimento relacionado ao gerenciamento do Sistema Lago Paranoá, com vistas à manutenção da qualidade de água e com impacto direto na segurança hídrica do Distrito Federal.

**Risco de impactos na qualidade de vida da comunidade**

Os resultados dessa pesquisa têm aplicação direta na qualidade de vida da sociedade brasileira, pois atualmente as ações de fiscalização, manutenção e recuperação dos recursos hídricos são tomadas após situações alarmantes, tais como a recente crise hídrica, proliferação de cianobactérias e assoreamento, entre outros.

**Contribuições e impactos econômicos**

As contribuições do projeto têm impacto econômico em termos da CAESB, pois indicará a necessidade de medidas de controle e remediação necessárias para evitar problemas com a qualidade da água do lago e eventuais possibilidades de floração de cianobactérias. Além disso, o SAD norteará as cargas admissíveis para lançamento no lago, com implicações na implantação de novas áreas de expansão urbana, industrial ou agropecuária e medidas de saneamento associadas, como o nível de tratamento requerido para os efluentes ou necessidade de transposição de bacias.

**RECURSOS FINANCEIROS (R\$)**

Total Previsto (R\$)	Fontes	Origem dos Recursos Previstos (R\$)				
		Onerosos		Não Onerosos		
		Próprio	Financiamento	Programa PDI	Executora	Parceiros
997.212,90	Caesb e UnB			761.974,50	235.238,40	









Cronograma Financeiro Patrocinadora PDI- Previsto - Ano 1														
Atividade		Mês												Total R\$
Nº	Descrição	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
<b>Projetos</b>														
1	Workshop de kickoff													0,00
2	Levantamento e atualização das bases de dados da UnB sobre o Sistema Lago Paranoá (Bacia+Lago)													0,00
3	Desenvolvimento de métodos e técnicas para o aprimoramento do monitoramento hidrológico, de sedimentos e de qualidade de água em rios das bacias afluentes e no lago Paranoá.		283.080,00		5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	328.080,00
4	Levantamento e análise dos dados monitorados na Estação de Monitoramento Automático da CAESB e análise das perspectivas para o aprimoramento do Sistema.													0,00
5	Aquisição e processamento de dados obtidos por Sensoriamento Remoto para análise da qualidade da água do lago Paranoá.													0,00
6	Modelagem hidrológica para a simulação das bacias afluentes ao lago Paranoá e construção de cenários de mudanças e oscilações climáticas e de diferentes formas de uso e ocupação da terra.													0,00
7	Modelagem hidrodinâmica e ecológica para a predição do comportamento da temperatura e da qualidade da água.													0,00
8	Acoplamento dos enfoques de modelagem (Bacia+Lago), construção de cenários, e desenvolvimento do Sistema de Apoio à Decisão para o gerenciamento do Sistema Lago Paranoá.													0,00
9	Análise de todos os resultados alcançados e preparação dos relatórios de encerramento do Projeto.													0,00
10	Elaboração da prestação de contas final e desmobilização de equipamentos, infraestrutura e descarte final.													0,00
	<b>Pagamento de Taxa Administração</b>	755,92	755,92	755,92	755,92	755,92	755,92	755,92	755,92	755,92	755,92	755,92	755,92	9.071,04
<b>Total PDI CAESB- Previsto</b>		285.347,76			17.267,76			17.267,76			17.267,76			<b>337.151,04</b>

Cronograma Financeiro Patrocinadora PDI- Previsto - Ano 2														
Atividade		Mês												Total R\$
Nº	Descrição	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
<b>Projetos</b>														
1	Workshop de kickoff													0,00
2	Levantamento e atualização das bases de dados da UnB sobre o Sistema Lago Paranoá (Bacia+Lago)													0,00
3	Desenvolvimento de métodos e técnicas para o aprimoramento do monitoramento hidrológico, de sedimentos e de qualidade de água em rios das bacias afluentes e no lago Paranoá.	127.955,00			5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	172.955,00
4	Levantamento e análise dos dados monitorados na Estação de Monitoramento Automático da CAESB e análise das perspectivas para o aprimoramento do Sistema.	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	60.000,00
5	Aquisição e processamento de dados obtidos por Sensoriamento Remoto para análise da qualidade da água do lago Paranoá.													0,00
6	Modelagem hidrológica para a simulação das bacias afluentes ao lago Paranoá e construção de cenários de mudanças e oscilações climáticas e de diferentes formas de uso e ocupação da terra.													0,00
7	Modelagem hidrodinâmica e ecológica para a predição do comportamento da temperatura e da qualidade da água.													0,00
8	Acoplamento dos enfoques de modelagem (Bacia+Lago), construção de cenários, e desenvolvimento do Sistema de Apoio à Decisão para o gerenciamento do Sistema Lago Paranoá.													0,00
9	Análise de todos os resultados alcançados e preparação dos relatórios de encerramento do Projeto.													0,00
10	Elaboração da prestação de contas final e desmobilização de equipamentos, infraestrutura e descarte final.													0,00
	<b>Pagamento de Taxa Administração</b>	755,92	755,92	755,92	755,92	755,92	755,92	755,92	755,92	755,92	755,92	755,92	755,92	9.071,04
<b>Total PDI CAESB- Previsto</b>		145.222,76			32.267,76			32.267,76			32.267,76			<b>242.026,04</b>

Cronograma Financeiro Patrocinadora PDI- Previsto - Ano 3														
Atividade		Mês												Total R\$
Nº	Descrição	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
<b>Projetos</b>														
1	Workshop de kickoff													0,00
2	Levantamento e atualização das bases de dados da UnB sobre o Sistema Lago Paranoá (Bacia+Lago)													0,00
3	Desenvolvimento de métodos e técnicas para o aprimoramento do monitoramento hidrológico, de sedimentos e de qualidade de água em rios das bacias afluentes e no lago Paranoá.	82.325,00												82.325,00
4	Levantamento e análise dos dados monitorados na Estação de Monitoramento Automático da CAESB e análise das perspectivas para o aprimoramento do Sistema.													0,00
5	Aquisição e processamento de dados obtidos por Sensoriamento Remoto para análise da qualidade da água do lago Paranoá.													0,00
6	Modelagem hidrológica para a simulação das bacias afluentes ao lago Paranoá e construção de cenários de mudanças e oscilações climáticas e de diferentes formas de uso e ocupação da terra.													0,00
7	Modelagem hidrodinâmica e ecológica para a predição do comportamento da temperatura e da qualidade da água.													0,00
8	Acoplamento dos enfoques de modelagem (Bacia+Lago), construção de cenários, e desenvolvimento do Sistema de Apoio à Decisão para o gerenciamento do Sistema Lago Paranoá.													0,00
9	Análise de todos os resultados alcançados e preparação dos relatórios de encerramento do Projeto.													0,00
10	Elaboração da prestação de contas final e desmobilização de equipamentos, infraestrutura e descarte final.													0,00
	<b>Pagamento de Taxa Administração</b>	755,92	755,92	755,92	755,92	755,92	755,92	755,92	755,92	755,92	755,92	755,92	755,92	9.071,04
<b>Total PDI CAESB- Previsto</b>		84.592,76			2.267,76			2.267,76			2.267,76			<b>91.396,04</b>

Cronograma Financeiro Patrocinadora PDI- Previsto - Ano 4														
Atividade		Mês												Total R\$
Nº	Descrição	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
<b>Projetos</b>														
1	Workshop de kickoff													0,00
2	Levantamento e atualização das bases de dados da UnB sobre o Sistema Lago Paranoá (Bacia+Lago)													0,00
3	Desenvolvimento de métodos e técnicas para o aprimoramento do monitoramento hidrológico, de sedimentos e de qualidade de água em rios das bacias afluentes e no lago Paranoá.	82.330,00												82.330,00
4	Levantamento e análise dos dados monitorados na Estação de Monitoramento Automático da CAESB e análise das perspectivas para o aprimoramento do Sistema.													0,00
5	Aquisição e processamento de dados obtidos por Sensoriamento Remoto para análise da qualidade da água do lago Paranoá.													0,00
6	Modelagem hidrológica para a simulação das bacias afluentes ao lago Paranoá e construção de cenários de mudanças e oscilações climáticas e de diferentes formas de uso e ocupação da terra.													0,00
7	Modelagem hidrodinâmica e ecológica para a predição do comportamento da temperatura e da qualidade da água.													0,00
8	Acoplamento dos enfoques de modelagem (Bacia+Lago), construção de cenários, e desenvolvimento do Sistema de Apoio à Decisão para o gerenciamento do Sistema Lago Paranoá.													0,00
9	Análise de todos os resultados alcançados e preparação dos relatórios de encerramento do Projeto.													0,00
10	Elaboração da prestação de contas final e desmobilização de equipamentos, infraestrutura e descarte final.													0,00
	<b>Pagamento de Taxa Administração</b>	755,94	755,94	755,94	755,94	755,94	755,94	755,94	755,94	755,94	755,94	755,94	756,04	9.071,38
<b>Total PDI CAESB- Previsto</b>		84.597,82			2.267,82			2.267,82			2.267,92			<b>91.401,38</b>

		Cronograma Financeiro EXECUTORA Previsto - Ano 1												
Atividade		Mês											Total R\$	
Nº	Descrição	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		12
<b>Projetos</b>														
1	Workshop de kickoff	5.161,60												5.161,60
2	Levantamento e atualização das bases de dados da UnB sobre o Sistema Lago Paranoá (Bacia+Lago)													
3	Desenvolvimento de métodos e técnicas para o aprimoramento do monitoramento hidrológico, de sedimentos e de qualidade de água em rios das bacias afluentes e no lago Paranoá.		5.161,60	5.161,60	5.161,60	5.161,60	5.161,60	5.161,60	5.161,60	5.161,60	5.161,60	5.161,60	5.161,60	56.777,60
4	Levantamento e análise dos dados monitorados na Estação de Monitoramento Automático da CAESB e análise das perspectivas para o aprimoramento do Sistema.													
5	Aquisição e processamento de dados obtidos por Sensoriamento Remoto para análise da qualidade da água do lago Paranoá.													
6	Modelagem hidrológica para a simulação das bacias afluentes ao lago Paranoá e construção de cenários de mudanças e oscilações climáticas e de diferentes formas de uso e ocupação da terra.													
7	Modelagem hidrodinâmica e ecológica para a predição do comportamento da temperatura e da qualidade da água.													
8	Acoplamento dos enfoques de modelagem (Bacia+Lago), construção de cenários, e desenvolvimento do Sistema de Apoio à Decisão para o gerenciamento do Sistema Lago Paranoá.													
9	Análise de todos os resultados alcançados e preparação dos relatórios de encerramento do Projeto.													
10	Elaboração da prestação de contas final e desmobilização de equipamentos, infraestrutura e descarte final.													0,00
<b>Pagamento de Taxa Administração</b>		15.484,80			15.484,80			15.484,80			15.484,80			61.939,20
<b>Total PDI CAESB- Previsto</b>		30.969,60			30.969,60			30.969,60			30.969,60			<b>123.878,40</b>

		Cronograma Financeiro EXECUTORA Previsto - Ano 2												
Atividade		Mês												Total R\$
Nº	Descrição	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
<b>Projetos</b>														
1	Workshop de kickoff													0,00
2	Levantamento e atualização das bases de dados da UnB sobre o Sistema Lago Paranoá (Bacia+Lago)													
3	Desenvolvimento de métodos e técnicas para o aprimoramento do monitoramento hidrológico, de sedimentos e de qualidade de água em rios das bacias afluentes e no lago Paranoá.	5.161,60	5.161,60	5.161,60	5.161,60	5.161,60	5.161,60	5.161,60	5.161,60	5.161,60	5.161,60	5.161,60	5.161,60	61.939,20
4	Levantamento e análise dos dados monitorados na Estação de Monitoramento Automático da CAESB e análise das perspectivas para o aprimoramento do Sistema.													
5	Aquisição e processamento de dados obtidos por Sensoriamento Remoto para análise da qualidade da água do lago Paranoá.													
6	Modelagem hidrológica para a simulação das bacias afluentes ao lago Paranoá e construção de cenários de mudanças e oscilações climáticas e de diferentes formas de uso e ocupação da terra.													
7	Modelagem hidrodinâmica e ecológica para a predição do comportamento da temperatura e da qualidade da água.													
8	Acoplamento dos enfoques de modelagem (Bacia+Lago), construção de cenários, e desenvolvimento do Sistema de Apoio à Decisão para o gerenciamento do Sistema Lago Paranoá.													
9	Análise de todos os resultados alcançados e preparação dos relatórios de encerramento do Projeto.													
10	Elaboração da prestação de contas final e desmobilização de equipamentos, infraestrutura e descarte final.													0,00
	<b>Pagamento de Taxa Administração</b>													0,00
<b>Total PDI CAESB- Previsto</b>		15.484,80			15.484,80			15.484,80			15.484,80			<b>61.939,20</b>

		Cronograma Financeiro EXECUTORA Previsto - Ano 3												
Atividade		Mês												Total R\$
Nº	Descrição	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
<b>Projetos</b>														
1	Workshop de kickoff													0,00
2	Levantamento e atualização das bases de dados da UnB sobre o Sistema Lago Paranoá (Bacia+Lago)													0,00
3	Desenvolvimento de métodos e técnicas para o aprimoramento do monitoramento hidrológico, de sedimentos e de qualidade de água em rios das bacias afluentes e no lago Paranoá.													0,00
4	Levantamento e análise dos dados monitorados na Estação de Monitoramento Automático da CAESB e análise das perspectivas para o aprimoramento do Sistema.													
5	Aquisição e processamento de dados obtidos por Sensoriamento Remoto para análise da qualidade da água do lago Paranoá.													55.680,00
6	Modelagem hidrológica para a simulação das bacias afluentes ao lago Paranoá e construção de cenários de mudanças e oscilações climáticas e de diferentes formas de uso e ocupação da terra.	4.640,00	4.640,00	4.640,00	4.640,00	4.640,00	4.640,00	4.640,00	4.640,00	4.640,00	4.640,00	4.640,00	4.640,00	
7	Modelagem hidrodinâmica e ecológica para a predição do comportamento da temperatura e da qualidade da água.													
8	Acoplamento dos enfoques de modelagem (Bacia+Lago), construção de cenários, e desenvolvimento do Sistema de Apoio à Decisão para o gerenciamento do Sistema Lago Paranoá.													
9	Análise de todos os resultados alcançados e preparação dos relatórios de encerramento do Projeto.													
10	Elaboração da prestação de contas final e desmobilização de equipamentos, infraestrutura e descarte final.													0,00
	<b>Pagamento de Taxa Administração</b>													0,00
<b>Total PDI CAESB- Previsto</b>		13.920,00			13.920,00			13.920,00			13.920,00			<b>55.680,00</b>

		Cronograma Financeiro EXECUTORA Previsto - Ano 4												
Atividade		Mês												Total R\$
Nº	Descrição	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
<b>Projetos</b>														
1	Workshop de kickoff													0,00
2	Levantamento e atualização das bases de dados da UnB sobre o Sistema Lago Paranoá (Bacia+Lago)													0,00
3	Desenvolvimento de métodos e técnicas para o aprimoramento do monitoramento hidrológico, de sedimentos e de qualidade de água em rios das bacias afluentes e no lago Paranoá.													0,00
4	Levantamento e análise dos dados monitorados na Estação de Monitoramento Automático da CAESB e análise das perspectivas para o aprimoramento do Sistema.													
5	Aquisição e processamento de dados obtidos por Sensoriamento Remoto para análise da qualidade da água do lago Paranoá.													
6	Modelagem hidrológica para a simulação das bacias afluentes ao lago Paranoá e construção de cenários de mudanças e oscilações climáticas e de diferentes formas de uso e ocupação da terra.													
7	Modelagem hidrodinâmica e ecológica para a predição do comportamento da temperatura e da qualidade da água.													
8	Acoplamento dos enfoques de modelagem (Bacia+Lago), construção de cenários, e desenvolvimento do Sistema de Apoio à Decisão para o gerenciamento do Sistema Lago Paranoá.													
9	Análise de todos os resultados alcançados e preparação dos relatórios de encerramento do Projeto.	4.640,00	4.640,00	4.640,00	4.640,00	4.640,00	4.640,00	4.640,00	4.640,00	4.640,00	4.640,00	4.640,00	4.640,00	55.680,00
10	Elaboração da prestação de contas final e desmobilização de equipamentos, infraestrutura e descarte final.													
	<b>Pagamento de Taxa Administração</b>													0,00
<b>Total PDI CAESB- Previsto</b>		13.920,00			13.920,00			13.920,00			13.920,00			<b>55.680,00</b>



## ANEXO I – BUSCA DE ANTERIORIDADE

Não foi realizada pesquisa no INPI/USPTO uma vez que o escopo do projeto não visa ao desenvolvimento de softwares ou produtos tangíveis específicos, e sim o desenvolvimento de uma metodologia e sistema de suporte à decisão que integre as informações de diferentes origens dentro de um arcabouço de ferramentas já desenvolvidas, como software de uso livre e softwares comerciais cujas licenças serão adquiridas. Os softwares de código aberto, como SWAT e SWMM poderão ter partes desenvolvidas para incluir necessidades específicas do projeto, mas são pequenas alterações.

As bases utilizadas foram Scholar Google, Scielo, Scopus, Research Gate, MDPI e anais dos grandes congressos/simpósios brasileiros da área, principalmente os vinculados à ABRHidro e ABES. Há um número enorme de trabalhos publicados no assunto e diversos relacionados ao lago Paranoá. Os trabalhos publicados formam um grande mosaico que dão a sustentação ao trabalho que se pretende realizar. A estrutura do tipo de pesquisa e as ferramentas que serão utilizadas não são novas, mas a aplicação da proposta metodológica e ferramentas são particulares a cada situação específica e isso ainda não foi desenvolvido para o lago Paranoá, apesar de haver inúmeros estudos sobre a bacia, a qualidade da água dos afluentes ou a qualidade e ecossistemas do lago Paranoá. Inclusive já foram realizados inúmeros trabalhos de aplicação de modelagem do lago em 1D e 2D, mas sempre com alcance limitado a aspectos específicos. No entanto, não encontramos e não temos conhecimento de trabalho similar ao proposto para o Lago Paranoá.

Por se tratar de assunto de pesquisa do grupo, as buscas de publicações relacionadas ao assunto são regularmente realizadas.

Código*	Título	Ano	Empresa Periódico*
DOI: <a href="https://doi.org/10.11606/issn.2316-9095.v18-140500">https://doi.org/10.11606/issn.2316-9095.v18-140500</a>	Variação temporal da descarga sólida em suspensão e identificação de minerais a partir de aperfeiçoamento de método de amostragem automática no Córrego Riacho Fundo, Brasília/DF	2018	<i>Geologia USP</i>
<a href="https://doi.org/10.3390/hydrology7040085">doi:10.3390/hydrology7040085</a>	Mathematical Modeling of Watersheds as a Subsidy for Reservoir Water Balance Determination: The Case of Paranoá Lake, Federal District, Brazil.	2020	<i>Hydrology MDPI</i>
<a href="https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2713">doi:10.4136/ambi-agua.2713</a>	A modelling approach to simulate Chlorophyta and Cyanobacteria biomasses based on historical data of a Brazilian urban reservoir.	2021	<i>Ambiente &amp; Água</i>
DOI: <a href="http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i1.11458">http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i1.11458</a>	Modelagem hidrológica e hidráulica usando o SWMM - Storm Water Management Model na bacia urbana do Riacho Fundo I - Distrito Federal.	2021	<i>Research, Society and Development</i>

### Pesquisas Correlatas

2016-2021- Modelagem de mananciais metropolitanos estratégicos como insumo para a Gestão de Água e território face a mudanças climáticas. Descrição: Edital-19-2015- Mudanças Climáticas-e-Recursos-Hídricos-ANA/CAPES. Coord.: Prof. Sergio Koide.

2016-2020 - Estudos para previsão do comportamento de mananciais metropolitanos estratégicos como insumo para a gestão de água e território face às alterações climáticas e à expansão da ocupação urbana. Fundação de Apoio à Pesquisa do DF. Coord.: Prof. Sergio Koide.

2017-2020 - Estudo Multidisciplinar do Estado Físico do Lago Paranoá: Topo-batimetria, Qualidade dos Sedimentos e Balanço Hídrico. Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal. Coord.: Prof. Henrique Roig.

## **ANEXO II – DESCRIÇÃO DAS ETAPAS E ENTREGAS**

### **Etapa 1 – Workshop de kickoff**

Descrição: Realização de workshop de kickoff na sede da CAESB para a apresentação da equipe de pesquisadores do Projeto, apresentação de todo o Projeto de Pesquisa, de todas as etapas, com a inclusão de momentos para a integração entre a equipe com o corpo técnico da CAESB para fins identificação dos pontos focais de cada área temática e da dinamização dos trabalhos durante o desenvolvimento do Projeto.

Produtos esperados: Workshop realizado

### **Etapa 2 – Levantamento e atualização das bases de dados da UnB sobre o Sistema Lago Paranoá (Bacia+Lago)**

Descrição: Realização do levantamento de dados secundários, meteorológicos, hidrológicos e limnológicos, referentes às bacias afluentes e ao lago Paranoá. Os dados servirão para a atualização (período mais recente) das bases de dados da UnB sobre os sistemas estudados.

Ao final da Etapa, todos os dados monitorados ao longo do tempo estarão disponíveis para a equipe do Projeto de Pesquisa.

Produtos esperados: Base de dados contendo o conjunto de dados históricos monitorados relacionados ao Sistema Lago Paranoá.

### **Etapa 3 – Desenvolvimento de métodos e técnicas para o aprimoramento do monitoramento hidrológico, de sedimentos e de qualidade de água em rios das bacias afluentes e no lago Paranoá.**

Descrição: Esta etapa abrangerá todo o monitoramento de campo a ser realizado. Produção de dados primários pelo monitoramento da área de estudo quanto a velocidade e direção do vento, radiação solar global e líquida, umidade e temperatura do ar, precipitação, velocidade e direção do vento, temperatura na coluna d'água e nos sedimentos do lago, permitindo a identificação de padrões e comportamentos sazonais e anuais e a relação entre forçantes, a estratificação térmica e a qualidade da água. Analisar a concentração de clofófila "a" ao longo da série histórica de imagens Landsat e Sentinel.

Produtos esperados: Base de dados contendo o conjunto de dados primários monitorados relacionados ao Sistema Lago Paranoá.

### **Etapa 4 – Levantamento e análise dos dados monitorados na Estação de Monitoramento Automático da CAESB e análise das perspectivas para o aprimoramento do Sistema.**

Descrição: Análise da situação da ilha flutuante de monitoramento automático da Caesb, de todos os dados gerados desde o início da operação. Análise das perspectivas de utilização dos dados. Análise comparativa dos dados da estação com os dados obtidos pela UnB nas estações verticais de monitoramento automatizado na Ponte JK e na Ponte das Garças.

Produtos esperados: Análise dos dados acumulados monitorados pela estação e otimização do uso do monitoramento para o aprimoramento do conhecimento relacionado ao lago Paranoá.

## **Etapa 5 – Aquisição e processamento de dados obtidos por Sensoriamento Remoto para análise da qualidade da água do lago Paranoá.**

Descrição: Planejamento das atividades de campo. Aquisição das imagens orbitais e aerotransportadas. Processamento dos dados e consolidação da base de dados. Geração dos modelos de estimativa de parâmetros de qualidade da água local e regional. Elaboração do sistema de monitoramento de COAs. Elaboração e submissão de publicações.

Produtos esperados: Determinação das limitações do conjunto RPA-Sensor (multi e hiperespectral) para a caracterização da melhor relação resolução espacial/radiométrica X razão sinal-ruído na caracterização das propriedades opticamente ativas das águas. Aprimoramento do processamento dos dados orbitais e RPA para monitoramento de corpos aquáticos.

Desenvolvimento metodológico de técnicas para a estimativa automática de métricas dos reservatórios. Adaptação e desenvolvimento de uma metodologia para uso dos RPA e sensores multi e hiperespectrais na caracterização e monitoramento dos componentes opticamente ativos.

Avaliação da variabilidade bio-óptica e espacial dos componentes opticamente ativos das águas dos reservatórios analisados. Construção de modelos empíricos/Semi-empíricos robustos para o mapeamento de COAs e monitoramento do nível d'água dos reservatórios.

## **Etapa 6 – Modelagem hidrológica para a simulação das bacias afluentes ao lago Paranoá e construção de cenários de mudanças e oscilações climáticas e de diferentes formas de uso e ocupação da terra.**

Descrição: A aplicação e calibração de modelos hidrológicos estarão voltadas para o levantamento das vazões e das cargas de poluentes afluentes ao lago Paranoá. A partir de dados físicos obtidos por levantamento pedológico e por publicações científicas referentes à bacia do lago Paranoá, serão realizadas as parametrizações dos modelos. Com base no levantamento de dados históricos relacionados ao monitoramento hidrológico e de qualidade de água por órgãos ambientais e de saneamento do Distrito Federal será possível realizar a calibração e verificação dos modelos para cada uma das bacias afluentes ao lago e expandir a geração de dados para as bacias de drenagem direta, áreas não monitoradas. Após essas etapas serem completadas, espera-se simular cenários futuros referentes à qualidade da água afluente ao Lago. A equipe do Projeto de Pesquisa tem vasta experiência na aplicação do modelo Soil and Water Assessment Tool (SWAT) e do modelo Storm Water Management Tool (SWMM), amplamente utilizados na atualidade no Brasil e no Mundo. Mas além desse modelo, outras ferramentas poderão ser testadas durante o desenvolvimento do Projeto.

Produtos esperados: Modelos calibrados para vazões e qualidade de água de todas as bacias afluentes ao Lago. Cenários futuros elaborados relacionados aos impactos de mudanças no aporte de cargas e mudanças climáticas.

## **Etapa 7 – Modelagem hidrodinâmica e ecológica para a predição do comportamento da temperatura e da qualidade da água.**

Descrição: A aplicação de modelo hidrodinâmico será realizada a fim de que a dinâmica vertical e horizontal do lago Paranoá, em toda a sua extensão, seja conhecida. Com base nos dados gerados pelo monitoramento limnológico e, também, com os resultados obtidos pela aplicação de modelo hidrodinâmico, serão aplicados modelos ecológicos para sistemas lacustres a fim de

simular, com maior acurácia, a dinâmica das populações do fitoplâncton. Após o ajuste dos modelos hidrodinâmico e ecológico, espera-se simular cenários futuros referentes à qualidade da água do reservatório. A equipe do Projeto de Pesquisa tem experiência na aplicação dos modelos hidrodinâmicos CEQUAL - W2, Delft3D e experiência, também, na aplicação do modelo ecológico de ambientes aquáticos, General Lake Model – GLM, e na aplicação de algoritmos genéticos para previsões de qualidade de água em curtos períodos de tempo. Além desses modelos, pretende-se testar, também, o modelo hidrodinâmico MIKE3. Ressalta-se que outras ferramentas também poderão ser testadas durante o desenvolvimento do Projeto.

Produtos esperados: Modelos hidrodinâmicos e de qualidade de água calibrados para o lago Paranoá. Cenários futuros (curto, médio e longo prazos) elaborados relacionados aos impactos de mudanças no aporte de cargas e mudanças climáticas.

**Etapa 8 – Acoplamento dos enfoques de modelagem (Bacia+Lago), construção de cenários, e desenvolvimento do Sistema de Apoio à Decisão para o gerenciamento do Sistema Lago Paranoá.**

Descrição: Desenvolvimento de algoritmo para o acoplamento dos modelos aplicados para a simulação das bacias afluentes com modelo hidrodinâmico e de qualidade de água para a simulação do lago Paranoá.

Produtos esperados: Sistema acoplado para a simulação das bacias afluentes e cenarização dos impactos provenientes das alterações na paisagem na qualidade de água do lago Paranoá ao longo de toda a sua extensão.

**Etapa 9 – Análise de todos os resultados alcançados e preparação dos relatórios de encerramento do Projeto.**

Descrição: Análise de todos os resultados parciais obtidos em cada área do Projeto, análise dos resultados gerais obtidos e avanços alcançados. Elaboração do Relatório Final do Projeto.

Realização de um “Evento de Encerramento” do Projeto na Caesb com a apresentação dos resultados e discussão com a equipe da Companhia.

Produtos esperados: Relatórios elaborados e evento de encerramento realizado.

**Etapa 10 – Elaboração da prestação de contas final e desmobilização de equipamentos, infraestrutura e descarte final.**

Descrição: Análise e união de todos os relatórios intermediários de prestação de contas e elaboração do relatório final. Desmobilização de pessoal e desocupação de salas utilizadas pela equipe do Projeto. Desmonte de estruturas e instalações de campo. Devolução dos equipamentos adquiridos e utilizados no Projeto para a Caesb. Descarte final adequado de todos os resíduos gerados no campo e nas análises laboratoriais.

Produtos esperados: Prestação de contas finalizada e entregue. Equipe desmobilizada, infraestrutura de campo, laboratório e salas da Universidade liberadas e equipamentos entregues a Caesb Resíduos gerados descartados adequadamente. Trabalhos relacionados ao Projeto encerrados.

## **Termo de Compromisso**

Eu, Fuad Moura Guimarães Braga, Coordenador-Geral do Programa PDI – Adasa, me comprometo a:

1. Zelar cuidadosamente pela economicidade dos projetos, de modo a garantir que os gastos sejam apenas os estritamente necessários para a obtenção dos resultados esperados;
2. Zelar pela fiel execução dos prazos previstos nos cronogramas;
3. Responder às demandas de fiscalização e diligências da Adasa, no prazo solicitado;

Fuad Moura Guimarães Braga

838.607.113-34