



ÁGUA PARA O FUTURO

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DE IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO BIÓTICA E ABIÓTICA DE NASCENTES URBANAS NO MUNICÍPIO DE CUIABÁ

1. Introdução

O projeto Água para o Futuro é uma iniciativa do Ministério Público do Estado de Mato Grosso em parceria com o Instituto Ação Verde e a Universidade Federal de Mato Grosso. O projeto busca, prioritariamente, garantir a segurança hídrica da área urbana de Cuiabá e o abastecimento futuro de água potável por meio da preservação e recuperação das nascentes.

Para que as nascentes possam ser preservadas e/ou recuperadas, uma equipe técnica multidisciplinar formada por geólogos, hidrogeólogos, engenheiros florestais, engenheiros sanitaristas, biólogos, entre outros profissionais está envolvida nas atividades vinculadas ao projeto.

Neste contexto, o objetivo geral do projeto Água para o Futuro é identificar, monitorar, recuperar e preservar as nascentes urbanas do município de Cuiabá. Para tanto, são desenvolvidos uma série de procedimentos técnico/científico que serão descritos a seguir:

2. Procedimentos metodológicos

O projeto Água para o Futuro possui quatro equipes de profissionais responsáveis pelos estudos ambientais das nascentes urbanas de Cuiabá. São elas: Geologia, Hidrogeologia, Flora e Fauna. O projeto também envolve profissionais de diversas áreas da tecnologia para o armazenamento e processamento de dados geográficos, desenvolvimento do site e aplicativo mobile, filmagens aéreas em alta definição, utilizando-se Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), confecção de mapas, entre outras funções.



Cada equipe desenvolve metodologias diferenciadas de avaliação dos objetos de estudo. Ao final, os resultados obtidos são compilados e avaliados de forma integrada.

Além da geração de conhecimento científico sobre as nascentes urbanas de Cuiabá, os resultados gerados pelo projeto Água para o Futuro subsidiarão ações do Ministério Público do Estado de Mato Grosso, em defesa dos direitos coletivos.

Geologia

- **Levantamento prévio das nascentes** - Conceituação das nascentes e de sua tipologia a partir da literatura disponível, analisando o levantamento conduzidos pelo projeto “Caracterização e delimitação cartográfica das áreas de preservação permanente (APP’s) e de zonas de interesse ambiental (ZIA’s) na área urbana de Cuiabá”, desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas de Mato Grosso (IPEM) em 2008.
- **Validação das nascentes em campo** – Utiliza-se o receptor GPS Monterra Garmin para a navegação até os pontos definidos pelo IPEM. Quando localizadas, as nascentes são georreferenciadas com um receptor GPS Juno Trimble SB, que é um GPS de alta precisão de 2 a 5 metros. Essas coordenadas são corrigidas pelo software GPS Pathfinder Office 4.2 e importadas para um banco de dados geográfico Personal Geodatabase da ESRI.
- **Caracterização da condição ambiental** - Registros das condições ambientais de cada nascente como: distância média de edificações; tipo de nascente; tipo de canal; aspecto físico da água (a olho nu); aspecto do entorno imediato (raio de 50 m); tipo de solo e/ou cobertura; presença de processos erosivos (entorno de 50 m) e; assoreamento significativo.
- **Análises de solo** - Coleta de solo com trado manual em que é observado e fotografado (em campo) os processos de hidromorfismo de plintitização e gleização do solo.



ÁGUA PARA O FUTURO

- **Análises de água** - Detecção de possíveis contaminações por metais pesados por meio de análises geoquímicas, que serão analisadas pelo método ICP do Laboratório de Engenharia Química, na Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).
- **Imageamento de alta resolução para confecção de mapas** - Utilização das imagens de 1966, 1983 e 1998, em tons de cinza. Imagens digitais provenientes de levantamento aéreo correspondem ao ano de 2005. Imagens de satélite de alta resolução espacial consultadas a partir da base de imagens da plataforma Google Earth PRO, dos anos de 2004 a 2016.
- **Instalação do marco geodésico** - Realizado por topógrafo habilitado, com acompanhamento do coordenador da equipe de geologia, após confirmação da nascente pelos cientistas. O levantamento de campo é realizado por meio da técnica proposta pelo INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária), de posicionamento relativo estático-rápido, com o GNSS (Sistema de Navegação Global por Satélite) com dois receptores geodésicos (receptores capazes de diminuir o erro das coordenadas) de dupla frequência (L1 e L2).

Um dos receptores, para transportar as coordenadas, é proveniente da Estação de Cuiabá - MT instalada no INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), de onde partirão os processamentos para os vértices de referências das nascentes. As coordenadas geodésicas, obtidas por meio do posicionamento relativo estático-rápido, são coletadas dentro de um raio de 20 km da Estação de Cuiabá-MT por 60 minutos em cada nascente.

Para a obtenção das coordenadas geodésicas - latitude, longitude, altitude e as coordenadas do sistema UTM (Universal Transversa de Mercator) E= Leste e N= Norte, utiliza-se o software de processamento Topcon Tools ou MAGNET Tools. Para a transformação das coordenadas de altitude

elipsoidal¹ em altitude ortométrica² utiliza-se o programa Map Geo do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), no qual será obtido a ondulação geoidal.

Hidrogeologia

- **Análises de solo** - Analisados macroscopicamente em laboratório. Para características texturais é utilizado protocolo padrão proposto pela Embrapa. Para a identificação de solos hidromórficos é utilizado a carta de Munsell. Também é utilizado um reagente químico que revela a presença de solos hidromórficos.
- **Posicionamento do nível do lençol freático** - Instalado um poço de monitoramento à montante de cada a nascente para identificar o nível freático e coletar amostras de água para análises físico-químicas. O nível d'água no poço é monitorado mensalmente com o medidor de nível d'água modelo HSNA-300.
- **Análises de água subterrânea**- A qualidade da água subterrânea é mensurada por meio dos parâmetros pH, sólidos, magnésio, fosfato total, dureza total, condutividade elétrica, cálcio, alcalinidade e inorgânicos, analisados no Laboratório Análise de Água, Efluentes e Consultoria Ambiental Hidro-Análise, localizado em Cuiabá. Os parâmetros de temperatura do ar e da amostra, pH, cloro residual e total são medidos em campo. Análises isotópicas de oxigênio 18, deutério e trítio, são analisadas no Centro de Isótopos Estáveis, na Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho” – UNESP, Campus Botucatu, São Paulo.

Fauna

¹ Distância vertical de um ponto a um elipsóide (aproximação da forma irregular da Terra) de referência.

² Distância vertical de um ponto, situado sobre a superfície terrestre, em relação a um geóide (nível médio do mar) de referência.



ÁGUA PARA O FUTURO

- **Levantamento faunístico** - Realizada pelo método de procura ativa no entorno das nascentes (raio de 50 m). As amostragens estão direcionadas para répteis e anfíbios (considerando a especialidade do grupo de pesquisadores). Registros de representantes de outros grupos zoológicos (ex. invertebrados, aves, mamíferos) são oportunistas. Os animais observados são identificados à nível de espécie. Para cada nascente é analisado o índice de diversidade (Margaleff). Este índice indica se a nascente urbana ainda apresenta condições de manter certa diversidade de animais, ou se a degradação já comprometeu essas condições.
- **Análises de água** - A qualidade da água é mensurada por meio dos parâmetros: pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, fósforo total, nitrato, sólidos totais, sólidos totais dissolvidos, sólidos suspensos, DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), DQO (Demanda Química de Oxigênio), nitrogênio amoniacal total, óleos e graxas, coliformes totais e *Escherichia coli*, analisados no Laboratório Análise de Água, Efluentes e Consultoria Ambiental Hidro-Análise, localizado em Cuiabá. Os parâmetros de temperatura do ar e da água são medidos em campo. Em cada nascente é calculado o Índice de Qualidade das Águas (IQA), no qual os valores são classificados em faixas:

Ótima	91 - 100
Boa	71 - 90
Razoável	51 - 70
Ruim	26 - 50
Péssima	0 -25

Relacionando os índices de qualidade hídrica com as amostragens de fauna é possível identificar quais espécies de animais toleram a contaminação da água e quais indicam certa qualidade ambiental.

Vegetação

- **Mapeamento da vegetação** - Mapeadas a partir de imagens capturadas por uma câmera de alta resolução acoplada ao veículo aéreo não tripulado



(VANT). Essas imagens são pré-processadas envolvendo a ortorretificação e construção de mosaicos de imagens. A vegetação é classificada por meio do método de Randon Forest associado à análise de textura. Desta forma, é avaliado os números digitais de RGB e as medidas de textura das imagens capturadas, em diferentes escalas.

Este mapeamento contribuirá com a delimitação das nascentes difusas e de outras áreas úmidas.

- **Modelo Digital de Elevação (MDE)** - Obtido por levantamento aéreo realizado por sensores de tecnologia LIDAR (Radar Lidar) acoplados em um VANT. Os dados de elevação LIDAR são utilizados para mapear com precisão a distribuição potencial e estática das áreas úmidas.
- **Levantamento qualitativo da vegetação** - Realizado nas diferentes cotas de elevação geradas pelos modelos digitais de elevação. As espécies são classificadas de acordo com sua “afinidade” com a inundação. As espécies identificadas recebem as seguintes classificações:

Planta obrigatória de AUs – Quase sempre ocorre em áreas úmidas (probabilidade estimada > 99%) em condições naturais;

Planta facultativa de AUs – Normalmente ocorre em áreas úmidas (probabilidade estimada 67% – 99%), porém ocasionalmente ocorrem em ambientes exclusivamente terrestres;

Planta facultativa – Igualmente provável de ocorrer em zonas úmidas (probabilidade estimada 34% – 66%);

Planta facultativa de áreas altas – Usualmente ocorre em áreas altas (probabilidade estimada 67% – 99%), mas ocasionalmente ocorre em áreas úmidas (probabilidade estimada 1% - 33%);

Planta obrigatória de áreas altas – ocorre quase sempre (probabilidade estimada > 99%) em áreas altas.

- **Classificação das áreas úmidas** - Segue sistemas hierárquicos já conhecidos, considerando as características hidrogeológicas, condições edáficas e os grupos de plantas presentes.
- **Inventário da vegetação** - São identificadas as espécies da vegetação (árvores, arbustos, subarbustos, ervas, epífitas e pteridófitas) que ocorrem no entorno da nascente (raio de 50 m). As espécies que se encontrarem em estágio reprodutivo (flores, frutos e esporos) são coletadas e levadas para herborização em laboratório. Será elaborado um guia de campo para a identificação de plantas indicadoras de nascentes e áreas úmidas. Será desenvolvido, em parceria com especialistas em tecnologia da informação, um aplicativo *mobile* que facilitará a identificação taxonômica das plantas indicadoras de nascentes e áreas úmidas urbanas.

3. Base de Dados

O projeto Água para o Futuro possui um banco de dados geográfico com geoinformações³ em formato vetorial (*vector*) e matricial (*raster*) hospedadas em um sistema de armazenamento de dados em nuvem. O uso e visualização simultâneos dos dados cartográficos é feito por meio da plataforma GEO Colaborativa *Geocloud*.

Geocloud é uma plataforma tecnológica que permite o uso integrado de geoinformações de maneira a subsidiar a tomada de decisões no campo e no escritório com a vantagem de não ter como prerrogativa para o uso do sistema, um servidor local para armazenamento de dados e máquinas com super processadores para darem cabo ao processamento de uma carga relativamente pesada de informações geoespaciais⁴.

³ Toda informação passível de espacialização, ou seja, que tem algum tipo de vínculo geográfico que permite sua localização.

⁴ Que associa a cada entidade ou fenômeno uma localização na Terra, traduzida por sistema geodésico de referência, em dado instantâneo ou período de tempo.

Outra vantagem desta plataforma é a possibilidade de relacionar ao banco de dados geográfico arquivos nas extensões PDF, DOCX e XLSX, assim como imagens nas extensões PNG e JPG e links relacionados, permitindo assim, a estruturação de um rico banco de dados que integra informações espaciais com um banco de dados textual de interesse, que no caso do projeto Água para o Futuro, envolve relatórios de diagnóstico, relatórios de vistoria, laudos periciais e estudos ambientais diversos.

Para dar subsídio aos estudos do projeto, os *stakeholders* têm acesso a:

Dados na forma de mapa base

- **Google Satélite e HERE Satélite** - Mosaicos globais composto por imagens produzidas por diversos sensores a bordo de satélites orbitais como o *Ikonos*, *QuickBird*, *SPOT* etc.
- **DSG/IBGE** - Cartas com informações planialtimétricas, produzidas pela Diretoria de Serviços Geográficos do Exército e pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- **Modelo Digital de Elevação do Terreno (MDT)** - Modelo numérico de Elevação do Terreno obtido por meio do processamento de dados (malha de pontos) gerados a partir de levantamento aéreo realizado por sensores de tecnologia LIDAR (Radar Lidar) a bordo de aeronaves.
- **Imagens de Satélite Georreferenciadas** - Recortes de imagens de alta resolução espacial do perímetro urbano nos anos de 2010, 2014, 2015 e 2016 produzidas por sensores a bordo de satélites orbitais (Constelação *Pleiades*, *WorldView* e *Sentinel 2*).
- **Fotos Aéreas Ortoretificadas** - Mosaicos de ortofotos em altíssima resolução espacial produzidos por meio de aerolevantamentos nos anos de 1998, 2005/2006 e 2012.
- **Imagens de Veículos Aéreos não Tripulados (VANT)** - Mosaicos de ortofotos em altíssima resolução espacial produzidos por meio de aerolevantamentos com VANT do tipo Multi-Rotor Hexacóptero modelo VR900-M, equipado com uma câmera fotográfica DSLR com resolução de 16

MP acoplada, com suporte estabilizado e GPS de alta precisão para geoposicionamento das fotos.

- **Mapas em PDF especializados** - Mapas oficiais de solos, biomas e vegetação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e do Projeto RADAM Brasil; mapa de localização das Estações de Tratamento de Água e Esgoto da concessionária de serviços de tratamento de água e esgoto de Cuiabá-MT (CAB/Cuiabá); mapa do Zoneamento Municipal publicado em 2011, na extensão PDF, especializados em um plano de coordenadas geográficas e disponíveis na plataforma de monitoramento.

Dados na forma de temas de referência

- **Unidades de Conservação** - Polígonos correspondentes aos memoriais descritivos do ato legal de criação das Unidades de Conservação (UC) brasileiras, com jurisdição nas esferas municipal, estadual e federal, sejam elas de proteção integral ou de uso sustentável.
- **Curvas de Nível** - Curvas de nível topográfico do perímetro urbano, traçadas a cada um metro de diferença de altitude, produzidas por meio do processamento de dados (malha de pontos) gerados a partir de levantamento aéreo realizado por sensores de tecnologia LIDAR (Radar Lidar) a bordo de aeronaves.
- **Dados do Projeto SIG Cuiabá** - Base vetorial elaborada pela Prefeitura Municipal de Cuiabá, referenciada em plantas, arquivos, memoriais descritivos e arquivos na extensão CAD armazenados na prefeitura com os lotes, loteamentos, próprios municipais e Zonas de Interesse Ambiental do município.
- **Base Hidrográfica da Área Urbana** - Representação vetorial dos cursos d'água do perímetro urbano do município utilizada pela Prefeitura Municipal com os rios, córregos, ribeirões e canais de drenagem efêmera que cortam a malha urbana.



ÁGUA PARA O FUTURO



MINISTÉRIO PÚBLICO
DO ESTADO DE MATO GROSSO



JUVAM
Juizado Voluntário Ambiental



UFMT

INSTITUTO
Ação Verde