

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**MONITORAMENTO DE QUALIDADE DA ÁGUA COM O  
ENFOQUE CIÊNCIA CIDADÃ: ESTUDO DE CASO EM  
BRAZLÂNDIA/DF**

**DIEGO ARAÚJO DA PALMA**

**ORIENTADOR: RICARDO TEZINI MINOTI**

**CO-ORIENTADORA: LENORA NUNES LUDOLF GOMES**

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM ENGENHARIA  
AMBIENTAL**

**Brasília/DF, junho de 2016**



## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos professores que me orientaram nesse projeto de graduação, pelo apoio e dedicação às atividades desenvolvidas no projeto. Também ao Programa Aquaripária e seus colaboradores, pelo apoio constante ao projeto, sendo fundamentais nas fases de reconhecimento e contato com os voluntários, como também pelas análises das amostras colhidas em campo.

Aos alunos que participaram do projeto, doando tempo e energia à causa, e a direção da escola CEF INCRA 08 que também se dedicou com presteza à garantia da execução de nossas atividades, ficam meus sinceros agradecimentos.

Por fim saúdo também a CAESB pela disponibilização dos dados de monitoramento do ribeirão Rodeador demandados pelo projeto, possibilitando assim análises mais refinadas ao trabalho.

## RESUMO

O monitoramento da qualidade da água é uma atividade primordial para a gestão dos recursos hídricos, fornecendo dados básicos que servem de suporte ao planejamento e ao gerenciamento. Entretanto, percebem-se lacunas espaciais e temporais nos dados de monitoramento dos corpos d'água no Brasil devido, principalmente, às suas dimensões continentais e à falta de recursos para o aumento da densidade de pontos de monitoramento, atividade que apresenta custos elevados para instalação e operação das estações para coleta de informações. Visando ao preenchimento dessas lacunas a abordagem da Ciência Cidadã mostra-se como uma solução interessante e de custos reduzidos, em que voluntários da comunidade participam do monitoramento dos corpos hídricos das regiões onde vivem, gerando dados sobre a qualidade da água. Concomitantemente, a comunidade envolvida no acompanhamento poderá estar cada vez mais envolvida no processo de vigilância sanitária e ambiental, tornando-se melhor informada sobre as condições locais, estimulada à buscar melhorias quanto aos recursos hídricos. É uma abordagem que, além de auxiliar na geração de dados para pesquisas e políticas públicas, é orientada à incorporação de preceitos democráticos através do saber fazer e da educação voltada à cidadania. Com base na importância do monitoramento da qualidade da água e dos benefícios que podem ser esperados da participação social, este trabalho buscou analisar a aplicabilidade e a conformidade dos dados gerados com o enfoque da ciência cidadã no monitoramento de parâmetros de qualidade da água, onde cidadãos voluntários (neste projeto referidos como sentinelas da bacia) utilizaram um kit para monitoramento de parâmetros de qualidade de água e, de maneira simultânea, responderam a questionários relacionados as suas percepções quanto aos aspectos referentes à qualidade da água, constituindo-se um monitoramento mais subjetivo. Os resultados obtidos neste trabalho sugerem que a abordagem da Ciência Cidadã, voltada ao monitoramento de qualidade da água, é promissora, com geração de dados relevantes pelos cidadãos. Ao mesmo tempo, observou-se que alguns aspectos relacionados ao método de coleta e análise das amostras requerem novos estudos e avaliações. A análise das respostas dos sentinelas aos questionários de campo contribuíram positivamente para o entendimento da evolução de suas percepções relativas às esferas ambiental e social associadas ao gerenciamento dos corpos aquáticos localizados próximos a sua comunidade.

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	1
2.	OBJETIVO.....	4
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	5
3.1	CIÊNCIA CIDADÃ .....	5
3.1.1	Críticas e Reflexões à Ciência Cidadã .....	11
3.1.2	Filosofia da ciência e a abordagem da ciência cidadã.....	14
3.1.3	Aplicações da ciência cidadã voltadas à questão hídrica. ....	16
3.2	MONITORAMENTO DE QUALIDADE DA ÁGUA.....	21
4.	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	29
4.1	BRAZLÂNDIA (DF) .....	30
4.1.1	INCRA 8 .....	34
4.2	RIBEIRÃO RODEADOR.....	35
4.2.1	Caracterização da Bacia do Rodeador.....	36
4.2.2	Análise de dados históricos de qualidade de água do ribeirão Rodeador – DF ....	37
5.	METODOLOGIA .....	40
5.1	PARCERIA AO PROJETO .....	40
5.1.1	Programa AquaRipária.....	41
5.2	MONITORAMENTO PARTICIPATIVO.....	42
5.2.1	Sentinelas da bacia – reconhecimento e treinamento.....	43
5.2.2	Seleção da estação de monitoramento junto aos sentinelas .....	43
5.2.3	Questionários .....	44
5.2.4	Kit de análise de água utilizado pelos sentinelas no monitoramento.....	45
5.3	PROCEDIMENTOS DO MONITORAMENTO DE QUALIDADE DE ÁGUA PARA VERIFICAÇÃO DOS DADOS GERADOS PELOS SENTINELAS .....	47
5.3.1	Campanhas de amostragem.....	48
5.3.2	Análise comparativa.....	49
5.3.3	Análises laboratoriais .....	50
5.3.4	Sonda Multiparâmetros .....	51
6.	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....	53
7.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	73
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	75
	APÊNDICE 1 .....	i
	APÊNDICE 2 .....	ii
	APÊNDICE 3 .....	iii
	APÊNDICE 4 .....	iv

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
Figura 3.1: Modelo de monitoramento da qualidade da água proposto pela GWW .....	17
Figura 3.2: Dispositivo “Mãe d’Água” .....	20
Figura 3.3: Densidade de pontos de amostragem no Brasil.....	22
Figura 3.4: Etapas principais para o planejamento de programas de amostragem.....	23
Figura 3.5: Pontos de controle e Unidades Hidrográficas do Distrito Federal.....	27
Figura 3.6: Número de UH’s classificadas como boa, alerta ou ruim em relação a cada parâmetro avaliado. ....	28
Figura 4.1: Mapa hidrográfico do Distrito Federal. ....	29
Figura 4.2: Mapa de localização da Região Administrativa de Brazlândia. ....	31
Figura 4.3: Gráfico climático de Brazlândia. ....	32
Figura 4.4: Sistema isolado de abastecimento de água de Brazlândia. ....	33
Figura 4.5: Indicação dos locais da escola e do ponto de monitoramento. ....	34
Figura 4.6: Ponto de amostragem no Ribeirão Rodeador. ....	35
Figura 4.7: Placa do ponto de monitoramento da CAESB no Rodeador. ....	36
Figura 4.8: Sub-bacias do Lago Descoberto.....	37
Figura 4.9: Série história para dados de Oxigênio Dissolvido e limite estabelecido pela resolução CONAMA nº 357/05.....	38
Figura 4.10: Série história para dados de Turbidez e limite estabelecido pela resolução CONAMA nº 357/05.....	38
Figura 4.11: Série história para dados de Nitrato e limite estabelecido pela resolução CONAMA nº 357/05.....	38
Figura 4.12: Série história para dados de pH e limites estabelecidos pela resolução CONAMA nº 357/05.....	39
Figura 5.1: Fluxograma da visão geral das etapas do projeto. ....	40
Figura 5.2: Ecokit .....	46
Figura 5.3: Micro estufa para análise de coliformes totais e fecais .....	47
Figura 5.4: Monitoramento de parâmetros via sonda.....	52
Figura 6.1: Apresentação para o curso de monitoramento cidadão de qualidade da água.....	53
Figura 6.2: Ribeirão Rodeador em 02/04/2016. ....	58
Figura 6.3: Respostas iniciais para a primeira questão do questionário geral. ....	66
Figura 6.4: Respostas finais para a primeira questão do questionário geral. ....	66
Figura 6.5: Respostas iniciais para a segunda questão do questionário geral. ....	67
Figura 6.6: Respostas finais para a segunda questão do questionário geral. ....	67
Figura 6.7: Respostas para a terceira questão do questionário geral. ....	68

Figura 6.8: Respostas iniciais para a quarta questão do questionário geral. ....	69
Figura 6.9: Respostas finais para a quarta questão do questionário geral. ....	69
Figura 6.10: Respostas iniciais para a quinta questão do questionário geral. ....	69
Figura 6.11: Respostas finais para a quinta questão do questionário geral. ....	69
Figura 6.12: Respostas iniciais para a sexta questão do questionário geral. ....	70
Figura 6.13: Respostas finais para a sexta questão do questionário geral. ....	70

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela</b>	<b>Página</b>
Tabela 4.1: Características gerais do Distrito Federal. ....	30
Tabela 5.1: Realização das amostragens no ano 2016. ....	48
Tabela 6.1: Análises pelo Ecolkit (autor do trabalho) em comparação com “monitoramento UnB” em 07/06/2016. ....	55
Tabela 6.2: Análises pelo Ecolkit em comparação ao “monitoramento UnB” em 02/04/2016. ....	57
Tabela 6.3: Questionário Mensal em 02/04/2016 (10:20). ....	58
Tabela 6.4: Análises pelo Ecolkit em comparação ao “monitoramento UnB” em 05/05/2016. ....	59
Tabela 6.5: Questionário Mensal em 05/05/2016 (10:20). ....	60
Tabela 6.6: Análises pelo Ecolkit em comparação ao “monitoramento UnB” em 02/06/2016. ....	61
Tabela 6.7: Questionário Mensal em 02/06/2016 (09:13). ....	62
Tabela 6.8: Análises pelo Ecolkit em comparação ao “monitoramento UnB” em 09/06/2016. ....	63
Tabela 6.9: Questionário Mensal em 09/06/2016 (09:20). ....	64

## LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

ADASA - Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal

ANA - Agência Nacional de Águas

BBC - Corporação Britânica de Rádiodifusão

CAESB - Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CODEPLAN - Companhia de Planejamento do Distrito Federal

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

DF - Distrito Federal

EPA - Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos

ETA - Estação de Tratamento de Água

GO - Goiás

GWW - *Global Water Watch*

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IBRAM - Instituto Brasília Ambiental

ISO - Organização Internacional de Padronização

MS - Ministério da Saúde

Met Office - Serviço Nacional de Meteorologia do Reino Unido

NMP – Número Mais Provável

OD – Oxigênio Dissolvido

ORP - Potencial de oxidação-redução

PDAD - Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílio

pH - Potencial hidrogeniônico

PNUMA - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

RA - Região Administrativa

RIDE DF - Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno

SDSS - Pesquisa Sloan Digital do Céu (sigla em inglês)

UF - Unidade da Federação

UFC – Unidade Formadora de Colônia

UH - Unidade Hidrológica

# 1. INTRODUÇÃO

A água, substância fundamental para a manutenção da vida, dos sistemas naturais e também das atividades humanas, deve ser alvo de políticas públicas baseadas no planejamento e na gestão ambiental bem fundamentados e instrumentados, visando à disponibilidade hídrica, em termos da qualidade e quantidade, suficientes para suprir as possíveis demandas que surgirem desse recurso imprescindível, porém escasso.

Para que o planejamento dos recursos hídricos seja satisfatório é fundamental a disponibilidade de dados para a realização de avaliações que gerem informações mais elaboradas e consolidadas quanto à situação quali-quantitativa dos corpos d'água, exercendo função primordial aos processos de decisão.

O monitoramento da qualidade dos corpos de água é fator primordial para a adequada gestão dos recursos hídricos, permitindo a caracterização e análise de tendências em bacias hidrográficas, constituindo-se como fatores fundamentais para várias atividades de gestão, tais como: planejamento, outorga, cobrança e enquadramento dos cursos de água (Agência Nacional de Águas, 2015).

De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005 o monitoramento é definido como: “medição ou verificação de parâmetros de qualidade e quantidade de água, que pode ser contínua ou periódica, utilizada para acompanhamento da condição e controle da qualidade do corpo de água” (BRASIL, 2005).

Ressalta-se a importância da vigilância dos órgãos de controle ambiental no que se refere ao monitoramento e ao controle das águas brutas de acordo com os mais diversos usos, incluindo o de fonte de abastecimento de água destinada ao consumo humano. Porém o que se observa atualmente no Brasil, país com dimensões continentais, são lacunas geográficas e temporais no tocante ao monitoramento da qualidade da água devido, principalmente, à disponibilidade de recursos.

A informação sobre qualidade de água no país ainda é insuficiente ou inexistente em várias bacias hidrográficas. O panorama de uma década atrás era que: “apenas oito Unidades da Federação possuem sistemas de monitoramento da qualidade da água considerados ótimos ou muito bons, seis possuem sistemas bons ou regulares e treze apresentam sistemas fracos ou incipientes” (ANA, 2005).

O monitoramento de qualidade de água em âmbito nacional ainda é insatisfatório e não permite conhecer adequadamente o problema da poluição hídrica em âmbito nacional (Agência Nacional de Águas, 2009).

O manejo adequado dos recursos hídricos visa a redução dos inúmeros conflitos associados aos múltiplos usos da água na sociedade, cada qual com suas demandas específicas, devendo assim contemplar os diversos atores envolvidos.

Visando à mitigação da questão da baixa densidade de pontos de monitoramento de qualidade de água e a ampliação da participação social, a abordagem da ciência cidadã se mostra como uma proposta proeminente, em que qualquer cidadão, ainda que não possua reconhecimento formal como cientista, contribui para a construção do conhecimento científico podendo ter participação em processos tais como coleta de dados e realização de análises e avaliações. Uma força voluntária de enorme potencial e aplicação na área de gestão dos recursos hídricos, porém ainda acometida por controvérsias e dificuldades metodológicas.

Baseado em estudos sociológicos do conhecimento científico, Irwin (1995) faz a seguinte ponderação:

‘desenvolvimento sustentável’ não será possível sem a atenção para questões de cidadania e conhecimento do cidadão (IRWIN, 1995).

Seguindo essa linha de pensamento temos que a abordagem da ciência cidadã segue na orientação dos preceitos do desenvolvimento sustentável, onde a revolução dos paradigmas da ciência e das técnicas é substancial para a promoção de um progresso da humanidade em vias socialmente justas, economicamente viáveis e ambientalmente saudáveis. Nesse sentido PERRENOUD (2002) apud DOS SANTOS (s.d.) cita que ser mediador da ciência cidadã implica reconhecer que “os saberes não bastam, que é preciso aprender a servir-se deles para afrontar a complexidade do mundo e tomar decisões e, portanto, efetuar a sua transferência, a sua mobilização, a sua contextualização de forma tão pertinente quanto a sua assimilação”.

“Uma ruptura epistemológica”, de acordo com DOS SANTOS (s.d.), “separando a ciência do senso comum, foi imprescindível para constituir a ciência moderna, mas progressiva e desnecessariamente, lançou os outros saberes do cidadão para o descrédito e subjugação à ciência.”

Em oposição a essa tendência de descrédito do saber tradicional e outras expressões de conhecimento construídas por vias não científicas, a ciência cidadã faz uma aproximação epistemológica das percepções de natureza socioculturais à legitimidade do conhecimento germinado através de metodologia científica.

A ciência produzida por cidadãos comuns, muitas vezes sem formação acadêmica, apesar de seu incrível potencial, deve ser executada com protocolos bem elaborados e com controle qualitativo dos resultados gerados, pois assim as controvérsias quanto a essa abordagem serão minimizadas e suas aplicações práticas ganharão maior respaldo e apreço na implementação em políticas públicas.

Nesse contexto de lacunas nos dados de monitoramento, dificultando a gestão dos recursos hídricos, e com os olhares voltados ao potencial da abordagem da ciência cidadã, o presente trabalho se empenhará em explorar a aplicabilidade da participação da comunidade de Brazlândia (Região Administrativa do Distrito Federal), mais especificamente do núcleo urbano INCRA 08, no monitoramento da qualidade da água de corpos aquáticos situados nas proximidades de suas residências, propondo-se para esse fim, metodologias e procedimentos, e também realizando as análises pertinentes quanto aos resultados que forem obtidos a partir desse estudo de caso.

Este trabalho é referente à disciplina de Projeto Final 2, requisito para a conclusão do curso de Engenharia Ambiental, do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília.

## **2. OBJETIVO**

Desenvolver metodologia de monitoramento da qualidade da água baseada na abordagem da ciência cidadã, para aplicação na comunidade de Brazlândia (DF), e realizar avaliação sobre a pertinência e consistência dessa abordagem no estudo de caso especificado.

Os objetivos específicos do presente trabalho são enunciados pelas seguintes orientações:

1. Caracterizar a área de estudo, estabelecer contato com a comunidade e identificar possíveis colaboradores para a execução do monitoramento participativo.
2. Elaborar procedimentos de execução do monitoramento, desde o reconhecimento e instrução dos voluntários (aqui referidos como sentinelas) até a disposição, verificação e análise dos dados gerados.
3. Avaliar a aplicação da abordagem da ciência cidadã no monitoramento de qualidade da água, a partir de análise da qualidade dos dados gerados.
4. Tratar os aspectos mais subjetivos a essa aplicação, pela captação e análise das percepções dos voluntários.

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 CIÊNCIA CIDADÃ**

Como uma nova perspectiva metodológica para produção do conhecimento, a ciência cidadã mostra-se uma abordagem de pesquisa promissora com inúmeras aplicações nos diversos campos científicos. Promissora principalmente quanto ao seu potencial de geração de dados e análises, temporal e espacialmente, quando comparado à pesquisa da ciência tradicional.

Também é importante salientar o caráter socioeducativo proporcionado pela ciência cidadã que ao incentivar o envolvimento dos cidadãos em geral na produção científica também incentiva a autonomia e empoderamento da população pelo saber.

O Guia para elaboração de Planos Municipais de Saneamento Básico do Ministério das Cidades, considerando que o planejamento do saneamento deve contemplar a participação da comunidade envolvida, dispõe que:

Não parece ser viável propor um trabalho de aproximação do indivíduo com a cidade que não leve em conta sua experiência, o que já sabe sobre ela, a leitura que faz dela. Conhecer sua cidade não se limita a ter informações, ouvir alguém dizer como é, como funciona, por exemplo, o sistema de saneamento ou o transporte na cidade, mas a reconhecer-se parte dela, posicionar-se sobre seu funcionamento, socializar suas experiências, debater. (BRASIL, 2011, p 27-28).

De acordo com Reboucas (2013): “Utilizando as tecnologias atuais, como celulares e computadores, é mais fácil planejar etapas de um projeto e disponibilizar meios para o envio e compartilhamento de dados científicos em escala regional, nacional e internacional.”

Devido ao nível tecnológico atual, principalmente devido às tecnologias de comunicação, a ciência cidadã tem ganhado proporções cada vez maiores. Porém não é de hoje que essa prática é aplicada, há relatos de ocorrência da ciência cidadã (ainda que na época esse conceito não tivesse sido concebido) há mais de um século.

Iniciativas como a do Met Office (Serviço Nacional de Meteorologia do Reino Unido) esboçam aplicações da ciência cidadã, usando para investigações climáticas, dados gerados num passado distante, que tinham como base as medições executadas por cidadãos não necessariamente cientistas, como se percebe a seguir em Faleiros (2014).

O fascínio das pessoas em registrar alterações no meio ambiente nem sempre foi ou será um privilégio de cientistas com dedicação integral à academia. As comparações históricas sobre as mudanças do clima no Reino Unido, por exemplo, feitas pelo conceituado MetOffice, utilizam registros que começam em 1659, colhidos por cidadãos diletantes. Nem todos faziam parte de uma instituição, mas ainda assim registravam com rigor científico alterações na temperatura e precipitação (Faleiros, 2014).

Aplicações da ciência cidadã, de acordo com Reboucas (2013), não é recente, pois a prática da ciência cidadã tem origem entre o fim do século XIX e início do século XX, mais precisamente, a partir de 1900, por meio da contagem coletiva de pássaros.

Ainda não há um consenso formal sobre a definição do termo “Ciência Cidadã” e nem das implicações metodológicas relativas a essa abordagem, o que indica a necessidade de maior atenção científica e esforços de articulação política sobre essa abordagem.

Em suas considerações, Soares (2011) comenta que o termo ciência cidadã, mais conhecida pelo nome em inglês, *citizen science*, é empregado para descrever, de forma geral, projetos com finalidades científicas que usam não cientistas como voluntários. O autor acrescenta ainda que: “Na ciência cidadã, os voluntários participam ativamente dos projetos, cedendo tempo e trabalho.”

Algumas entidades renomadas no assunto buscaram elaborar sua própria definição. De acordo com a definição dada pelo site da organização OpenScientist (2011) tem-se que:

Cientista cidadão: Pesquisador que participa na coleta e análise sistemática de dados; desenvolvimento de tecnologias; testes de fenômenos naturais e a disseminação destas atividades com uma base voluntária.<sup>1</sup> [Tradução minha].

Ciência Cidadã: A coleta e análise sistemática de dados; desenvolvimento de tecnologias; testes dos fenômenos naturais; e a disseminação destas atividades por parte de pesquisadores com uma base primariamente voluntária.<sup>2</sup>[Tradução minha].

---

<sup>1</sup> Texto original: “Citizen Scientist: Researcher who participates in the systematic collection and analysis of data; development of technology; testing of natural phenomena; and the dissemination of these activities on an avocational basis.”

<sup>2</sup> Texto original: “Citizen Science: The systematic collection and analysis of data; development of technology; testing of natural phenomena; and the dissemination of these activities by researchers on a primarily avocational basis.”

O autor da obra “CITIZEN SCIENCE”, Irwin (1995), na passagem abaixo faz ponderações a respeito da ciência cidadã, inter-relacionando as percepções entre ciência e sociedade:

Ciência Cidadã tenta encontrar um caminho através das representações monolíticas usuais de "ciência" e do "público". Tanto a "compreensão pública da ciência" e a "compreensão científica do público" vão, portanto, ser consideradas (IRWIN, 1995).

A proposta da ciência cidadã extrapola a esfera da pesquisa científica, tratando de forma incisiva a valorização do ser, do sentimento de coletividade, de cidadania, e trás em seu arcabouço semântico questões de participação, inclusão social e empoderamento pelo saber.

Em seu artigo, SANTOS (s.d.), faz uma importante contribuição à construção do entendimento da educação cidadã e da ciência cidadã, em especial pela construção do ser através do saber, em termos de uma revalorização pedagógica frente ao processo de elaboração do projeto pessoal do ser. A seguir a autora cita um dos referenciais que direcionam essa proposta:

No que se refere a recursos educativos, encoraja o uso de meios que ponham em comum um conjunto alargado de referências. Aposta numa multiplicidade e diversidade das fontes de emissão da informação, no alargamento e dinamização dos canais de distribuição do saber, na criação e disponibilização de espaços públicos democráticos. Espaços adequados a debates e a deliberações, que cultivem o pensamento crítico e onde se atribui uma atenção acrescida a condições: de argumentação, de relacionamento entre pessoas e de interação razão/razoabilidade, intelecto/afecto... Dá uma atenção acrescida à criação de condições para interações humanas. Demanda o aproveitamento do valor da contextualidade e dos universos culturais dos jovens para construções dialógicas entre diferentes comunidades, em espaços e tempos diversificados. Propicia ambientes para relações inter/multiculturais conducentes a aprender com outros, tirando partido da diversidade cultural (SANTOS, [s.d.], p.3).

A ciência cidadã, com virtudes para além de questões puramente científicas, tem o potencial de influenciar na maneira como as pessoas vêem a problemática ambiental e na elevação de sensibilidade das pessoas quanto à qualidade do ambiente no qual está inserida, devido ao efeito da construção do saber através da participação no processo de formulação do conhecimento científico. Daí surge certo grau de empoderamento de uma massa crítica com potencial de suscitar questões voltadas à qualidade ambiental diante dos governantes, aumentando o poder de fiscalização das políticas ambientais e trazendo com mais força as questões ambientais para a agenda política.

No documento “Soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos”, sob autoria da Agência Nacional de Águas (ANA) e baseado em documento do PNUMA, é ressaltada a importância do aprimoramento da comunicação e da educação para se alcançar as soluções.

A educação e a comunicação estão entre as ferramentas mais importantes para a solução de problemas relacionados à qualidade da água. A água desempenha importantes papéis de cunho cultural, social, econômico e ecológico. Demonstrar a importância da qualidade da água para os domicílios, a mídia, os formuladores de políticas, os empresários e os produtores rurais pode exercer grande impacto para a conquista de melhorias essenciais (ANA, 2011).

Atualmente pode-se observar a aplicação de muitos projetos que se fundamentam na ciência cidadã, perpassando várias áreas de atuação científica e campos de conhecimento, valendo-se ressaltar mais adiante alguns dos muitos exemplos que utilizam dessa abordagem e que pleiteiam a temática ambiental.

De acordo com artigo de Bonney *et al.* (2014, tradução minha), publicado na revista SCIENCE: “Esses projetos, conhecidos como ciência cidadã, cobrem uma amplitude de temas desde microbiomas, às abelhas nativas, à qualidade da água, até galáxias.”<sup>3</sup>

Um exemplo de sucesso de utilização da abordagem da ciência cidadã é o projeto *Galaxy Zoo*, que viu a participação cidadã no processo de análise de dados como uma forma de construção do conhecimento a partir de dados brutos do projeto “Pesquisa Sloan Digital do Céu” (SDSS, na sigla em inglês), onde devido à baixa confiabilidade dos resultados gerados automaticamente e inviabilidade de utilização de um corpo especialista no reconhecimento das formas de uma infinidade de galáxias, que podem dar indícios de como se formaram, provavelmente não atingiria os níveis atuais de informação sobre formas de galáxias.

De acordo com Soares (2011), Alex Szalay, da Universidade Johns Hopkins (Estados Unidos), observou que provavelmente não existem astrônomos em número suficiente, no mundo inteiro, para analisar todos os dados do SDSS.

Os dados gerados pelas colaborações desses usuários também surpreenderam. Muitas descobertas surgiram a partir de classificações

---

<sup>3</sup>Texto original: These projects, known as citizen science, cover a breadth of topics from microbiomes to native bees to water quality to galaxies.

feitas por voluntários. [...] Uma das conclusões dos criadores desse projeto é que computadores podem ficar cada vez melhores na classificação de galáxias, mas a capacidade de olhar uma imagem e perguntar “que objeto estranho é este?” é inerentemente humana (SOARES, 2011).

Com o olhar voltado à temática ambiental, podem-se citar, dentre várias outras, algumas contribuições importantes de aplicação da ciência cidadã para a construção do conhecimento científico e/ou ampliação da percepção do ser para com o meio ambiente.

Em Barcelona o projeto “*Smart Citizen*” atua como uma plataforma para participação cidadã no monitoramento da cidade e compartilhamento dos dados coletados, disponibilizando ferramentas de monitoramento acessíveis à população (FALEIROS, 2014).

De acordo com Faleiros (2014) o *Smart Citizen*: “criou um kit que pode ser colocado em varandas, terraços e janelas para captar dados sobre concentrações de monóxido de carbono e outros poluentes em uma escala menor do que fazem as estações oficiais de qualidade do ar”. O desenvolvimento do sensor do kit foi totalmente financiado por doações na internet e como forma de recompensar quem doou, esses receberam um kit para começar a fazer suas próprias medições.

A observação de pássaros é uma atividade lúdica para muitos cidadãos comuns, e diante da abordagem da ciência cidadã tomou forma de investigação científica, contribuindo para a compreensão da dinâmica das aves.

O eBird, um programa de listas online e em tempo real, tem revolucionado a forma como a comunidade de observadores de aves reporta e acessa informações sobre aves. Lançado em 2002 pelo Laboratório de Ornitologia da Universidade de Cornell e pela *National Audubon Society*, o eBird providencia dados ricos com informações básicas sobre a abundância de aves e sua distribuição em variadas escalas espaciais e temporais (eBird, 2015).

Outra iniciativa de ciência cidadã foi o estudo do fitoplâncton oceânico, que se estima estar reduzindo devido ao aquecimento global. O fitoplâncton oceânico é a base da cadeia alimentar marinha, e sua redução implicaria em grande desequilíbrio ecossistêmico.

Na tentativa de aumentar o volume de dados científicos disponíveis – ainda muito escassos – sobre fitoplâncton no mundo e obter um mapa realista da distribuição desses organismos nos oceanos, um cientista inglês criou uma estratégia no mínimo curiosa. O biólogo Richard Kirby, do Instituto de Pesquisas Marinhas de Plymouth (Inglaterra), desenvolveu um método de análise muito simples e convocou a participação de cidadãos comuns na empreitada (DABLE, 2014).

Para estudar essa possível redução da biomassa fitoplanctônica o projeto “*Secchi Disk*” buscou alistar marinheiros e pescadores para executarem uma simples atividade de monitoramento do fitoplâncton marinho, que é geralmente a principal causa da turbidez na superfície dos mares. Através da constatação da turbidez da água utilizando-se de um disco de Secchi, instrumento para medir a transparência de corpos de água, os dados são enviados via aplicativo de celular para uma base de dados do projeto.

Em âmbito brasileiro a campanha de abrangência internacional “*Bee or not to be?*”, no sentido da ciência cidadã, visa o mapeamento colaborativo da ocorrência de abelhas, dada a preocupação com o desaparecimento dessas devido à dita “síndrome do desaparecimento de abelhas” causado por certos pesticidas que alteram o sistema nervoso das abelhas e faz com que elas se percam no caminho de volta à colméia. (VILARDO, 2014).

O projeto visa alertar a importância das abelhas, para além da manutenção das atividades de apicultura e meliponicultura, mas principalmente quanto à sua função de polinização de diversas plantas, em grande parte, alimentícias. Daí organizar os dados brutos para produzir informações e pressionar as autoridades responsáveis por uma maior regulamentação no uso de pesticidas.

A respeito da campanha, idealizada por um geneticista, de acordo com Vilardo (2014): “permite aos usuários registrar *on-line* em um mapa a ocorrência, o desaparecimento local ou a morte de espécies de abelhas e assim contribuir para o monitoramento da população desses insetos.”

O pesquisador Lionel comenta, segundo Vilardo (2014), a respeito dos dados documentados do impacto dos pesticidas nas colônias das abelhas, que: “Assim, o material servirá de apoio para a fiscalização dos pesticidas nas áreas apontadas.”

Daí pode-se perceber iniciativas de ciência cidadã visando à compreensão da problemática ambiental, contribuindo nas investigações científicas, contando com a

participação cidadã que impulsiona o senso crítico coletivo, e servindo de instrumento na formulação e aplicação de políticas públicas.

Dado o valor científico e social da abordagem da ciência cidadã, ela se mostra importante ferramenta para o desenvolvimento da sociedade em caminhos virtuosos. Porém ainda há muitas controvérsias quanto à utilização da ciência cidadã, relativas às sinuosidades em seus procedimentos e insegurança quanto à qualidade de seus produtos. A seguir serão tratados alguns aspectos da ciência cidadã que são alvos de críticas por alguns autores.

### **3.1.1 Críticas e Reflexões à Ciência Cidadã**

A ciência cidadã, apesar do seu grande potencial, possui características em sua abordagem que dado a rigorosidade que a investigação científica demanda podem se fazer como elementos de incertezas quanto à confiabilidade dos dados. Para amenizar as críticas sobre a ciência cidadã ela deve ser executada de maneira bem planejada, com instruções sobre os procedimentos bem esclarecidas aos voluntários, análises de confiabilidade dos dados, dentre outras medidas.

Uma ressalva, feita por Pocock (2014b), alerta quanto à tendência de que as pessoas possam desenvolver em assumir a ciência cidadã como solução a todos os problemas devido ao acelerado processo de popularização da ciência cidadã como uma abordagem de investigação científica e monitoramento que engajam a população.

A ciência cidadã não contém uma abordagem única – é uma diversidade de abordagens. Dito de outra forma: “ciência cidadã não é uma ferramenta multifuncional – é uma caixa de ferramentas completa de técnicas e abordagens individuais” (POCOCK, 2014b, tradução minha).<sup>4</sup>

Muitas críticas quanto à ciência cidadã são voltadas à falta de credibilidade que os cientistas dão aos dados, como se pode observar no comentário de Fernando Rebouças:

Alguns cientistas profissionais e acadêmicos desconfiam do programa e das aplicações da ciência cidadã, pelo duvidoso nível profissional, questionam sobre a veracidade de determinados dados. Além da falta de nível profissional, os cientistas apontam para a falta de treinamento dos cientistas voluntários, e indicam a ciência cidadã somente para casos de divulgação e educação, para os acadêmicos, descobertas

---

<sup>4</sup>Texto original: citizen science is not a multitool – it is a whole tool box of individual techniques and approaches.

feitas por voluntários amadores não devem valer como marco científico (REBOUCAS, 2013).

A consideração acima é reforçada por Soares (2011): “Alguns cientistas não acreditam que os dados coletados ou processados por voluntários não-treinados tenham qualidade, e até criticam projetos de ciência cidadã como sendo válidos apenas para divulgação ou educação.”

A crítica quanto à qualidade dos dados ao que parece se aplica mais precisamente à falta de rigor no tratamento dos dados e na possibilidade de adoção de procedimentos duvidosos, não à ciência cidadã em si, pois a qualidade dos dados pode ser analisada e validada, o treinamento dos voluntários pode ser feito com excelência e a aplicabilidade dos dados ponderada pela precisão demandada por cada caso específico.

A qualidade dos dados produzidos via ciência cidadã pode ser muito boa. No artigo citado abaixo, publicado pela revista *SCIENCE*, essa afirmação é apresentada:

Algumas pessoas questionam a prática da ciência cidadã citando preocupações sobre a qualidade dos dados. Com protocolos apropriados, treinamento e supervisão, voluntários podem coletar dados de qualidade igual àqueles recolhidos por especialistas. Para grandes projetos, onde treinar voluntários e avaliar suas habilidades podem ser um desafio, novas ferramentas estatísticas computacionais de alto desempenho tem tratado questões da qualidade dos dados [...]. (BONNEY et al., 2014, tradução minha).<sup>5</sup>

Soares (2011) acrescenta que alguns autores defendem a idéia de que o consenso científico não deve ser influenciado por opinião de não cientistas.

Nesse sentido a crítica não se mostra coesa quanto à ciência cidadã, pois as iniciativas dessa abordagem não dispensam a análise de cientistas profissionais, que por sua vez é quem são os responsáveis pela validação e determinação de indicadores do nível de coerência dos dados, e a partir daí fazer seu julgamento quanto aos resultados. Portanto o cientista profissional é quem irá influenciar no consenso científico. O cidadão não cientista apenas irá contribuir no processo da investigação científica.

---

<sup>5</sup>Texto original: Some people question the practice of citizen science citing concerns about data quality. With appropriate protocols, training, and oversight, volunteers can collect data of quality equal to those collected by experts. For large projects where training volunteers and assessing their skills can be challenging, new statistical and high-performance computing tools have addressed data-quality issues [...].

Na visão de Bonney et. al. (2014), artigos científicos que apresentam dados coletados por voluntários, nos moldes da ciência cidadã, algumas vezes têm problemas de revisão e visibilidade em revistas científicas, enquanto isso os benefícios da ciência cidadã para a ciência e para a sociedade deixam de ser aproveitados em seu máximo potencial. O autor cita ainda que: “Embora a ciência cidadã seja responsável por uma riqueza de dados essa prática não tem sido universalmente aceita como um método científico válido de investigação científica.”

O doutor Chris Newman em entrevista à BBC News traz exemplo marcante quanto à baixa credibilidade, perante governantes e cientistas, que muitas vezes os dados gerados no âmbito da ciência cidadã podem apresentar. Ele exemplifica o caso em que a Câmara dos Deputados dos Estados Unidos, em 1993, votou para proibir em uma pesquisa nacional a utilização de dados gerados por voluntários com argumentos de que esses seriam incompetentes para a empreitada e que seus dados seriam tendenciosos (KINVER, 2011).

De acordo com Pocock et al. (2014a), os dados oriundos da ciência cidadã podem ser confiáveis, na medida em que cada vez mais projetos com essa abordagem estão incorporando a validação de dados e/ou etapas de verificação para tomar conhecimento da qualidade dos dados. Em alguns projetos todos os dados são verificados para validação, noutros amostras dos dados são verificadas usando-se de análises do erro e do viés dos dados para avaliar sua qualidade. Os autores confirmam que ambas abordagens produzem resultados dignos de confiança, e reforçam comentando que muitos resultados obtidos mediante projetos de ciência cidadã são divulgados na literatura científica e usados como indicadores nacionais.

O projeto de identificação de forma das galáxias (*Galaxy Zoo*) via página na internet, por voluntários que não precisam ter conhecimento prévio de astronomia, por exemplo, inicialmente pode vir a transmitir um teor de absurdo. Essa impressão pode ser sentida em vários outros projetos que contam com a participação de voluntários para a coleta e análise de dados.

A respeito do projeto *Galaxy Zoo*, Soares (2011) suscitou que:

A idéia parece, à primeira vista, destinada ao fracasso. Como esperar que voluntários não-treinados para o trabalho científico executem uma tarefa específica e não trivial, após ler um simples manual de

instruções? Como confiar nos resultados obtidos com a colaboração dessas pessoas? Por que alguém seria voluntário para colaborar em uma tarefa desse tipo? (SOARES, 2011)

Porém além das críticas e indagações voltadas ao projeto, Soares (2011) ressaltou que os resultados do *Galaxy Zoo* foram surpreendentes, pois em apenas três semanas após a abertura da página, em 2007, 80 mil usuários se cadastraram e realizaram mais de 10 milhões de tarefas de classificação de imagens de galáxias.

Apesar das críticas quanto à confiabilidade e aplicabilidade da ciência cidadã, projetos baseados nessa abordagem são responsáveis pela geração de resultados de grande importância científica e para construção do saber, onde seria inimaginável pelo nível tecnológico atual abranger escalas tão amplas quanto às aquelas proporcionadas pela ciência cidadã. Onde contribuíram também para o engajamento das pessoas estimulando a cidadania e a participação dessas no processo da construção do conhecimento.

Indagações quanto ao descrédito com que, muitas vezes, os cientistas tratam outras formas de saber que não as construídas sobre o alicerce dos paradigmas da ciência tradicional pode ser notada em Foucault (1999) apud HÜNING (2007), onde comenta:

Quais tipos de saber vocês querem desqualificar no momento em que vocês dizem ser esse saber uma ciência? Qual sujeito falante, qual sujeito discorrente, qual sujeito de experiência e de saber vocês querem minimizar quando dizem: 'eu, que faço esse discurso, faço um discurso científico e sou cientista'? (FOUCAULT, 1999 apud HÜNING, 2007).

Tendo em vista essa colocação de Foucault, segue-se esforço na defesa da ciência cidadã, tratando o tema em sua natureza filosófica e sociológica, diante de reflexões de cunho epistemológico da abordagem.

### **3.1.2 Filosofia da ciência e a abordagem da ciência cidadã**

Ao que parece a abordagem da ciência cidadã surge como alternativa prática a muitas das questões colocadas na contemporaneidade, como aquelas voltadas à problemática ambiental, e que os paradigmas das ciências e as técnicas correntes não se mostraram suficientes na solução de tal.

A configuração das ciências defendida pelo físico e filósofo da ciência Thomas Kuhn não se mostra estática no tempo e os paradigmas, com seus aspectos históricos e

sociológicos, são elementos determinantes na construção do método científico. Trazendo assim o campo da subjetividade na explicação das investigações científicas.

De acordo com TOZZINI (2011), a história da ciência, para Kuhn, tem o seguinte percurso: atividades desorganizadas, ciência normal, época de crise, ciência extraordinária, revolução científica e, por fim, um novo período de ciência normal e o consequente reinício cíclico de mesmo percurso.

Na ciência normal, a atividade exercida pelo cientista está dirigida para a articulação dos fenômenos e teorias fornecidas por um paradigma. Esse paradigma é, basicamente, um conjunto de suposições teóricas e realizações exemplares que guiam a atividade científica, impondo-lhe modelos, padrões e limites. A educação de um cientista normal é desenvolvida principalmente com base em manuais. A rigidez de suas crenças é comparável, dentre aos empreendimentos teóricos, talvez, somente à teologia. Desse modo, o aprendizado de um cientista é fruto de uma educação destinada a preservar e disseminar a autoridade de um corpo já articulado de problemas, dados e teorias, fato esse que faz do baixo anseio dos cientistas para produzir novidades e, até mesmo, da sua incapacidade de propor novas abordagens para antigos problemas, indicadores muito mais do êxito do que do fracasso educacional. (TOZZINI, 2011).

A maneira de se fazer investigações científicas e suas resoluções teóricas a respeito dos fenômenos é influenciada por forças políticas e ideológicas dominantes, dado o paradigma científico de cada época. Daí pode-se pensar na possibilidade da ciência cidadã como uma forma de racionalidade científica que vem sendo germinada no seio da revolução científica demandada pela problemática contemporânea.

Em contrapartida ao pensamento hegemônico positivista que permeia o campo das ciências atualmente, o cientista e um dos expoentes da filosofia da ciência, Feyerabend, com seu “anarquismo” científico, de acordo com PIOVESAN (s.d.), concluía que se alguém tentasse resolver um problema, fosse científico ou não, deveria desfrutar de completa liberdade, sem ser restringido por normas (ainda que fossem plausíveis) e que tais normas não poderiam se submeter a uma suposta teoria da racionalidade. Feyerabend passou a enxergar uma similaridade entre os dogmas religiosos e o pensamento científico.

Para Feyerabend muitos outros fatores foram responsáveis pela evolução das ciências para além de uma racionalidade dita intrínseca a ela, como cita PIOVESAN (s.d.):

Se analisarmos a história da ciência, encontramos inúmeros exemplos de descobertas que não se devem a qualquer aplicação pura ou consistente de uma metodologia racional. Hipóteses não fundamentadas, conclusões idiossincráticas, retórica sinuosa, invenção de dados e informações: tudo isto também faz a ciência se desenvolver [...] (PIOVESAN, [s.d.]).

A reflexão em torno da questão ambiental evidencia os processos pelos quais a modernidade passa a se deparar com as consequências da própria modernização da sociedade – o que inclui a supervalorização e centralidade da ciência e tecnologia nos processos de tomada de decisão e na organização da vida social. (KANASHIRO, 2009).

De acordo com Kanashiro (2009) ainda pode-se citar que:

A questão ambiental pode, nesse sentido, evidenciar a disputa teórica e política em torno da definição de certas idéias e conceitos. Nessa linha, se a internalização da questão ambiental no campo científico colocou em pauta a temática da interdisciplinaridade, ela passou também, assim como a nova Sociologia do Conhecimento, a questionar as fronteiras entre as ciências sociais e naturais, entre a ciência e a política... Por fim, por sua construção política como tema de interesse global, a produção científica sobre a questão ambiental recoloca a problemática da posição social do cientista na produção do conhecimento. Isso porque, certamente, contextos sociais e institucionais distintos podem gerar temas, abordagens e conclusões distintas (KANASHIRO, 2009).

Nesse sentido, dada as contradições quanto ao teor da ciência em si e das incongruências notáveis entre os princípios de distintas esferas científicas, as críticas quanto à ciência cidadã parecem se aplicar aos fundamentos gerais da ciência. A resolução que deve ser gerada por essa proposição é de que não se pode desqualificar uma abordagem científica apenas por não ser contemplada no escopo hegemônico atual da produção científica, mas ao contrário, deve-se valorizar progressivamente abordagens alternativas, tal como a ciência cidadã, diante da complexidade e das proporções que a problemática ambiental tem atingido na atualidade frente à insuficiência técnica, científica e política no trato desse tema. O sentimento que se têm é de uma necessidade urgente de mudança dos paradigmas, de uma revolução científica, e quem sabe a abordagem da ciência cidadã seja um caminho de ativismo para tal.

### **3.1.3 Aplicações da ciência cidadã voltadas à questão hídrica.**

Dado o valor da ciência cidadã em relação ao monitoramento ambiental, e tendo em mente a qualidade da água como fator essencial à gestão dos recursos hídricos, essa

seção do trabalho busca expor alguns exemplos práticos de ciência cidadã com aplicações voltadas à qualidade da água.

Desde 1992, a Universidade de Auburn, no Alabama, Estados Unidos, atua na consolidação de uma rede mundial de ‘Vigilantes da Qualidade da Água (GWW)’. A rede no Alabama contava, em 2006, com 240 grupos de monitoramento, coletando e analisando dados em 1.800 diferentes locais em 700 corpos d’água” (CWM , 2006 apud FIGUEIRÊDO et. al., 2008).

De acordo com a *Global Water Watch* (2015, tradução minha): “o objetivo geral do GWW é promover o desenvolvimento de cidadãos voluntários, que estão monitorando corpos d’água para a melhoria de ambos, da qualidade da água e da política dos recursos hídricos.”<sup>6</sup>

A organização possui projetos de monitoramento de qualidade da água contando com a participação cidadã voluntária em vários países, como no México, Filipinas Tailândia, Estados Unidos, Peru, Brasil, entre outros.

A figura 3.1 traz o fluxograma que explica como é o modelo de monitoramento participativo proposto pela GWW.

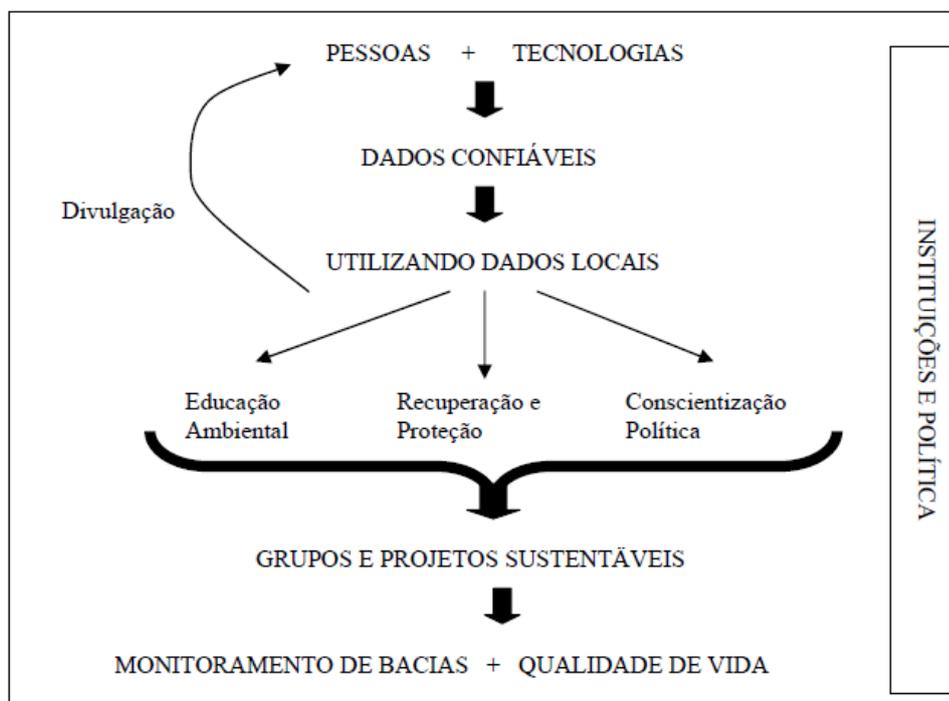


Figura 3.1: Modelo de monitoramento da qualidade da água proposto pela GWW. Fonte: CWM (2006) apud FIGUEIRÊDO et al. (2008).

<sup>6</sup>Texto original: The overall goal of GWW is to foster the development of citizen volunteers, who are monitoring water bodies for the improvement of both water quality and water policy.

Um monitoramento da qualidade da água que vem sendo implementado desde 1992, utilizando-se do esforço de voluntários na coleta dos dados é o caso conhecido como “Guardiões do rio Annapolis” (*Annapolis River Guardians*).

Os parâmetros de qualidade da água analisados variaram no decorrer do projeto, porém desde o início alguns parâmetros foram contemplados, como: coliformes fecais, oxigênio dissolvido, temperatura da água e condições climáticas. Análises de nitratos, clorofila, cloreto, sulfato, pH, condutividade, sólidos dissolvidos totais, salinidade, sólidos suspensos totais, cor e transparência também foram realizadas no contexto geral do projeto (Clean Annapolis River Project, 2015).

O *Annapolis River Guardians* foi o primeiro programa de monitoramento com essa abordagem no leste Canadense. Nesse projeto os dados coletados dão uma visão geral sobre a saúde do rio identificando problemas ambientais básicos no rio e em seus afluentes (Clean Annapolis River Project, 2015).

O já citado “Projeto Disco de Secchi”, com abrangência global, também se mostrou como uma iniciativa de peso da utilização da ciência cidadã, alistando voluntários marinheiros a contribuir para o monitoramento e entendimento das mudanças da comunidade fitoplanctônica global, que possuem influencia direta na qualidade da água oceânica.

Outro caso que dispôs de voluntários não cientistas foi o programa de monitoramento voluntário das águas dos Estados Unidos, encabeçado pela EPA (*Environmental Protection Agency*).

É uma iniciativa de abrangência nacional que consiste no monitoramento das condições dos corpos hídricos locais por voluntários treinados, onde esses ajudam na coleta de informações essenciais à gestão dos recursos hídricos ao mesmo tempo em que se conscientizam da importância desses recursos e tornam-se seres transformadores do meio que vivem em vias de uma melhoria na qualidade ambiental. Muitas vezes órgãos governamentais de variadas esferas do poder auxiliam na organização e apoio técnico a esses projetos.

A iniciativa da EPA não consiste em um único projeto, mas em uma diversidade de projetos locais, cada qual com suas diferenças e abordagens. Alguns voltados ao monitoramento do pH, outros à identificação de traços de produtos químicos ou agentes

biológicos nocivos, entre vários outros projetos, que de certa forma é um aspecto bom dado que dessa maneira há algo para todos (Open Scientist, 2011).

A seguinte colocação é feita em publicação pela EPA a respeito de seu programa de monitoramento voluntário:

Por todo o país, voluntários treinados estão monitorando a condição local de seus córregos, lagos, estuários e zonas úmidas. EPA incentiva todos os cidadãos a aprender sobre seus recursos hídricos e provê suporte ao monitoramento voluntário devido a seus muitos benefícios. Voluntários do monitoramento da água constroem a consciência comunitária sobre problemas de poluição, ajudam a identificar e remediar problemas locais, se tornam defensores de suas bacias hidrográficas e aumentam a quantidade de informações indispensáveis da qualidade da água disponíveis para nossas águas (EPA, 2013, tradução minha).<sup>7</sup>

Na Espanha o programa AQUA visa criar um mapa interativo utilizando-se de estudantes voluntários na realização das medições do nível de cloro da água de consumo humano em todas as cidades do país, tendo como ponto de partida a cidade de Sagaroça (IBERCIVIS, 2015).

De acordo com IBERCIVIS (2015), a maneira como o projeto AQUA é implementado se dá por fases, onde inicialmente se dá a preparação dos voluntários (estudantes) e distribuição dos materiais necessários e protocolos a serem seguidos. Em seguida o processo de coleta de dados tem início, onde os estudantes realizam as análises de qualidade da água demandadas pelo projeto e enviam, via aplicativo de celular, seus resultados para a base de dados da IBERCIVIS. Na etapa final os resultados serão analisados juntamente com dados complementares de amostra de água onde, a partir daí, serão processados para criação de um mapa indicando características do cloro nas diferentes cidades que participarem do estudo.

O monitoramento de qualidade da água por cidadãos cientistas requer a aplicação de métodos de amostragem e análise dos parâmetros que sejam simples, prezando pela praticidade dos instrumentos, pois a necessidade de equipamentos de alto custo inviabilizaria projetos de ciência cidadã. Nesse sentido algumas entidades procuram

---

<sup>7</sup>Texto original: Across the country, trained volunteers are monitoring the condition of their local streams, lakes, estuaries and wetlands. EPA encourages all citizens to learn about their water resources and supports volunteer monitoring because of its many benefits. Volunteer water monitors build community awareness of pollution problems, help identify and restore problem sites, become advocates for their watersheds and increase the amount of needed water quality information available on our waters.

desenvolver maneiras de monitoramento da qualidade da água de maneira prática e de baixo custo.

A “Rede InfoAmazônia”, notória iniciativa brasileira de monitoramento da qualidade da água, foi uma das ganhadoras do Desafio de Impacto Social do Google em 2014. Ainda que não seja uma aplicação direta de ciência cidadã, o projeto desenvolveu equipamento de monitoramento da qualidade da água, o “Mãe d’Água”, que serve como base a projetos de ciência cidadã devido a sua praticidade e eficácia no monitoramento.

O dispositivo “Mãe d’Água” se constitui por um hardware aberto que monitora alguns parâmetros de qualidade da água com possibilidade de visualização em tempo real dos dados coletados e com envio periódico de mensagens para as pessoas que dependam do sistema de saneamento monitorados pelo equipamento. Além disso, o projeto visa capacitar a comunidade local a fazer a manutenção nos equipamentos e instruí-los sobre seu funcionamento (INFOAMAZONIA, 2015).

O dispositivo irá medir a acidez da água, pelo pH, o potencial de oxidação-redução (ORP), condutividade, temperatura e pressão atmosférica ao nível da água, que são fatores importantes a serem considerados quando se avalia a qualidade da água para consumo humano(PUBLIC LAB, 2015, tradução minha).<sup>8</sup>

O dispositivo desenvolvido pela Rede InfoAmazonia é mostrado na figura3.2:



Figura 3.2: Dispositivo “Mãe d’Água”  
Fonte:PublicLab(<http://publiclab.org/wiki/mae-d-agua>)

---

<sup>8</sup>Texto original: The device will measure acidity in water by power of hydrogen (pH), oxidation reduction potential (ORP), water conductivity, water temperature and barometric pressure in the water level, which are important factors to consider when assessing water quality for human consumption.

De acordo com a Rede InfoAmazonia (2015): “esse projeto atua diretamente na comunidade, o que fomenta o protagonismo da sociedade civil e o diálogo com o Poder Público na luta pela garantia de direitos, e nos permite ter outra perspectiva e envolvimento durante sua execução.”

Para se aprofundar na compreensão da ciência cidadã como ferramenta de monitoramento de qualidade da água, objeto de estudo do presente trabalho, serão tratados a seguir aspectos voltados à questão do monitoramento da qualidade da água.

### **3.2 MONITORAMENTO DE QUALIDADE DA ÁGUA**

Uma das soluções apresentadas pela Agência Nacional de Águas (ANA) para o melhoramento da qualidade dos recursos hídricos está na ampliação do entendimento da qualidade da água. Nesse sentido ANA (2011) através do documento “Cuidando das Águas: Soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos”, elaborado pela ANA, faz a seguinte colocação:

Monitoramento sistemático e dados de qualidade são peças fundamentais dos esforços efetivos para melhorar a qualidade da água. Enfrentar o desafio da qualidade da água implica desenvolver capacidades e formar especialistas nos países em desenvolvimento; implementar ferramentas de amostragem de campo, tecnologias e compartilhamento de dados, em tempo real, com baixo custo, rapidez e confiabilidade; e estabelecer instituições de gestão. São necessários ainda recursos para desenvolver capacidades nacionais e regionais e para coletar, gerir e analisar dados de qualidade da água (ANA, 2011).

De acordo com a Agência Nacional de Águas, a densidade de pontos de amostragem no Brasil ainda é insuficiente, sendo de 0,26 pontos/1000 km<sup>2</sup>, o que dificulta um diagnóstico mais preciso de nossa realidade hídrica (ANA, 2009). A densidade de pontos de amostragem é indicada na Figura 3.3 abaixo.

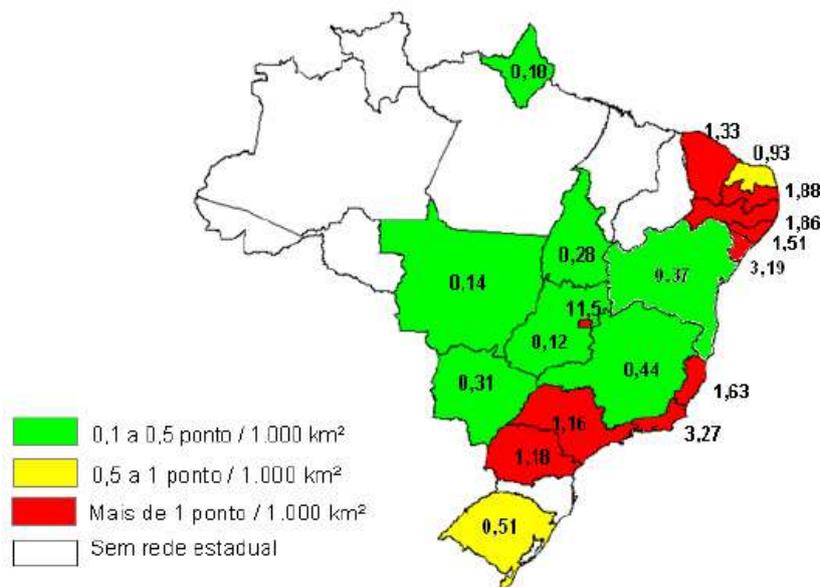


Figura 3.3: Densidade de pontos de amostragem no Brasil.  
(Fonte: ANA, 2009).

Em seu artigo 2º a Resolução CONAMA 357/2005, que dispõe - dentre outras coisas - sobre classificação e enquadramento de corpos de água, trás definições de “parâmetro de qualidade da água” e de “monitoramento” que serão assumidas no âmbito desse trabalho. A citar os incisos XXV e XXVII do referido artigo:

XXV - monitoramento: medição ou verificação de parâmetros de qualidade e quantidade de água, que pode ser contínua ou periódica, utilizada para acompanhamento da condição e controle da qualidade do corpo de água;

[...]

XXVII - parâmetro de qualidade da água: substâncias ou outros indicadores representativos da qualidade da água;

O portal virtual da ANA sobre a qualidade das águas ressalta a importância do monitoramento onde defende que, é fundamental um programa de monitoramento hídrico que forneça subsídios para avaliação dos corpos d’água e para a tomada de decisão quanto ao gerenciamento dos recursos hídricos (ANA, 2015a).

O monitoramento da qualidade da água baseia-se no acompanhamento das características físicas, químicas e biológicas da água diante de levantamentos orientados a um objetivo pré-definido. Ressalta-se a importância na determinação prévia dos objetivos do monitoramento, e de um planejamento de amostragem bem definido, devido aos custos associados a essa atividade.

Os parâmetros de qualidade da água a serem monitorados e a frequência de amostragem devem passar pelo crivo de uma análise de custo-benefício do esforço demandado para determinada configuração de monitoramento, pois programas de amostragem podem ser altamente onerosos a depender de sua configuração.

De acordo o “Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras”, elaborado pela CETESB (2011), na medida em que os objetivos do monitoramento demandem informações mais detalhadas que possam implicar no aumento do número de parâmetros de avaliação, número de amostras, frequência de amostragem ou utilização de tecnologia mais avançada, o tempo e os custos envolvidos se elevam sensivelmente.

Para evitar que os custos de caracterização da água ultrapassem os benefícios que dela advêm, devem-se planejar cuidadosamente todas as etapas do programa de amostragem CETESB (2011, p. 33). A figura 3.4 ilustra as etapas principais de um programa de amostragem.

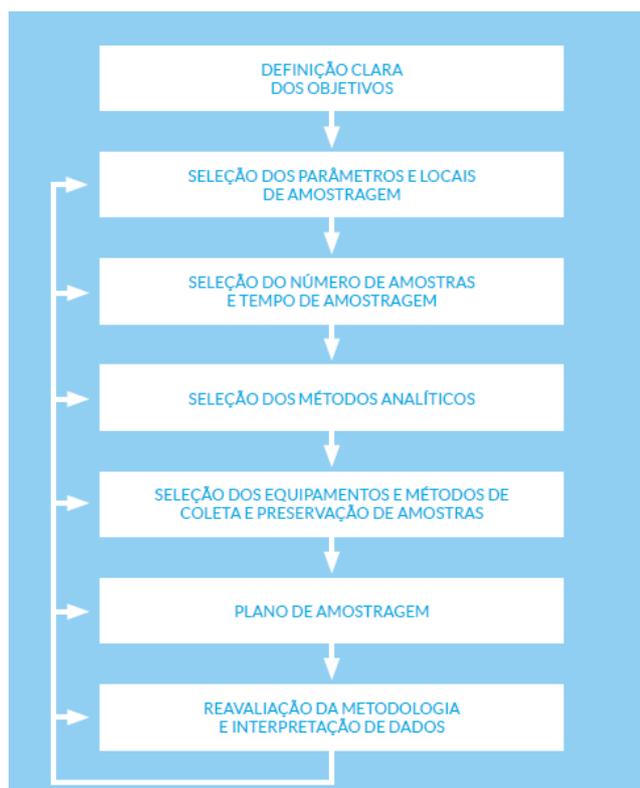


Figura 3.4: Etapas principais para o planejamento de programas de amostragem.  
Fonte: CETESB, 2011.

De acordo com o “Portal da Qualidade das Águas”, sob domínio da Agência Nacional de Águas, ANA (2015a), uma rede de monitoramento é constituída pelos

seguintes elementos: Pontos de coleta (denominados estações de monitoramento), conjunto de instrumentos utilizados na determinação de parâmetros, conjunto de equipamentos utilizados na coleta, protocolos para determinação de parâmetros em campo e estrutura logística para envio das amostras.

De acordo com o documento “Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil”, elaborado pela ANA (2013), as principais fontes de informação sobre a qualidade das águas no Brasil são os órgãos estaduais gestores dos recursos hídricos ou os estaduais de meio ambiente. As informações são essenciais para um diagnóstico verossímil da realidade das águas no país e para uma gestão eficiente dos recursos hídricos. De acordo com o documento: “As UFs têm adotado diferentes abordagens na implementação de seus programas de monitoramento da qualidade das águas, conforme suas necessidades e limitações de recursos.”

Devido à importância da qualidade da água para a melhoria da qualidade de vida e da manutenção da saúde humana, é necessária a garantia da qualidade das águas para consumo humano. Nesse sentido a quem produz água tratada cabe o controle da qualidade e as instâncias governamentais de autoridade sanitária ficam incumbidas à vigilância sobre a qualidade da água para consumo humano.

O enquadramento dos corpos de água expressa metas finais a serem alcançadas em termos de qualidade da água, dado seus usos mais restritivos, e tem regulamentação pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Em seu artigo oitavo tem-se que: “O conjunto de parâmetros de qualidade de água selecionado para subsidiar a proposta de enquadramento deverá ser monitorado periodicamente pelo Poder Público.” (BRASIL, 2005).

No parágrafo segundo desse artigo é estabelecido que: “Os resultados do monitoramento deverão ser analisados estatisticamente e as incertezas de medição consideradas.”

Os resultados de monitoramento, por mais que se tenham metodologias bem estruturadas, estão sujeitos a diversas formas de erro, com a possibilidade de apresentar erros grosseiros (causados por falha humana na operação do instrumento, na interpretação errônea dos resultados obtidos, entre outros), sistemáticos e erros aleatórios.

Para além do erro, outra dificuldade no monitoramento está na representatividade espacial e temporal das amostras de qualidade da água, dado que suas características qualitativas variam a depender de processos estocásticos que afetam a bacia hidrográfica analisada, como a ocorrência das chuvas. Por isso ressalta-se aqui, novamente, a importância em se ter clareza quanto aos objetivos do plano de amostragem para que a distribuição espacial e temporal se faça condizente, na medida requerida, com a realidade da dinâmica qualitativa do corpo de água monitorado.

“Sabe-se que avaliações de qualidade de água são retratos instantâneos da situação dos corpos hídricos e que tal situação é extremamente flutuante ao longo do tempo e do espaço” (Finotti et al., 2009 apud CAMPOS et al., 2015).

As iniciativas de monitoramento de qualidade da água em um país de dimensões continentais como o Brasil, também se levando em conta sua densa malha hidrográfica, podem se mostrar muito custosas e até mesmo inviáveis, com efeitos diretos na gestão dos recursos hídricos e na adequação da qualidade requerida quanto a seus múltiplos usos.

Tendo em vista a abrangência do território brasileiro e o alto custo para realização de medições hidrológicas, são necessários mais esforços para fornecer dados em quantidade e qualidade que possibilitem o conhecimento do comportamento hidrológico das bacias hidrográficas, fundamentais para a adequada gestão de recursos hídricos (ANA, 2013).

Tratando-se da gestão dos recursos hídricos, um importante instrumento orientado a adequação da qualidade da água no Brasil, é o enquadramento dos corpos hídricos, que estabelece metas de qualidade da água a depender de seus usos previstos.

“O enquadramento não é uma simples classificação dos corpos hídricos em classes de uso, e sim um importante instrumento de planejamento, que busca dar aos usos definidos para a bacia hidrográfica a sustentabilidade desejada através da garantia da qualidade da água” (Porto, 2002 apud CAMPOS et al., 2015).

No processo de enquadramento dos corpos de água ressalta-se também a importância do monitoramento nas fases de diagnóstico da qualidade da água e no acompanhamento da implementação do programa de efetivação do enquadramento.

A classificação dos corpos d'água na resolução CONAMA nº 357/2005 baseia-se em três definições mais amplas a respeito dos corpos de água, apresentadas a seguir:

Art. 2o Para efeito desta Resolução são adotadas as seguintes definições:

I - águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰;

II - águas salobras: águas com salinidade superior a 0,5 ‰ e inferior a 30 ‰;

III - águas salinas: águas com salinidade igual ou superior a 30 ‰;

(BRASIL, 2005)

As águas doces, maioria das águas continentais, são classificadas pelas seguintes classes: especial, um, dois, três e quatro. Essa separação é feita de acordo com os usos preponderantes da água, atuais e futuros (para águas salobras e salinas ocorre de maneira análoga). As condições e parâmetros de qualidade da água que devem ser atendidos, dada a classificação do corpo hídrico, estão dispostos no escopo da Resolução CONAMA nº 357/2005.

O monitoramento da qualidade das águas visa a obtenção de diagnósticos dos níveis em que se encontram os parâmetros de qualidade e também para a averiguação de conformidade da qualidade da água com regulamentos e usos associados a ela, sendo que a portaria do Ministério da Saúde MS nº 2.914/2011 define limites aceitáveis de parâmetros de qualidade da água que será destinada ao abastecimento humano diferentemente da Resolução CONAMA nº 357/2005 que regulamenta a classificação e enquadramento dos corpos d'água e estabelece condições e padrões de qualidade da água dado sua classificação prévia, que deve levar em conta os múltiplos usos do corpo d'água.

A situação do monitoramento dos corpos de água no DF, que dispõe de avaliação trimestral da qualidade das águas superficiais onde são avaliados 19 parâmetros de qualidade da águas, de acordo com a Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal – Adasa: “A Adasa conta hoje com uma ampla rede de monitoramento das águas superficiais e subterrâneas. A rede superficial está em operação desde o ano de 2009, sendo sempre revista e aperfeiçoada.” (ADASA, 2015).

A rede hidrometeorológica da Adasa que, inicialmente (2009), era composta por 44 estações de monitoramento hoje conta com 65 estações. Atualmente todas as 40 Unidades Hidrológicas do Distrito Federal possuem ao menos uma estação de monitoramento onde é feito o controle da quantidade e qualidade das águas. (ADASA, 2015).

A localização do pontos relativos às estações de monitoramento do Distrito Federal são mostrados na figura 3.5.

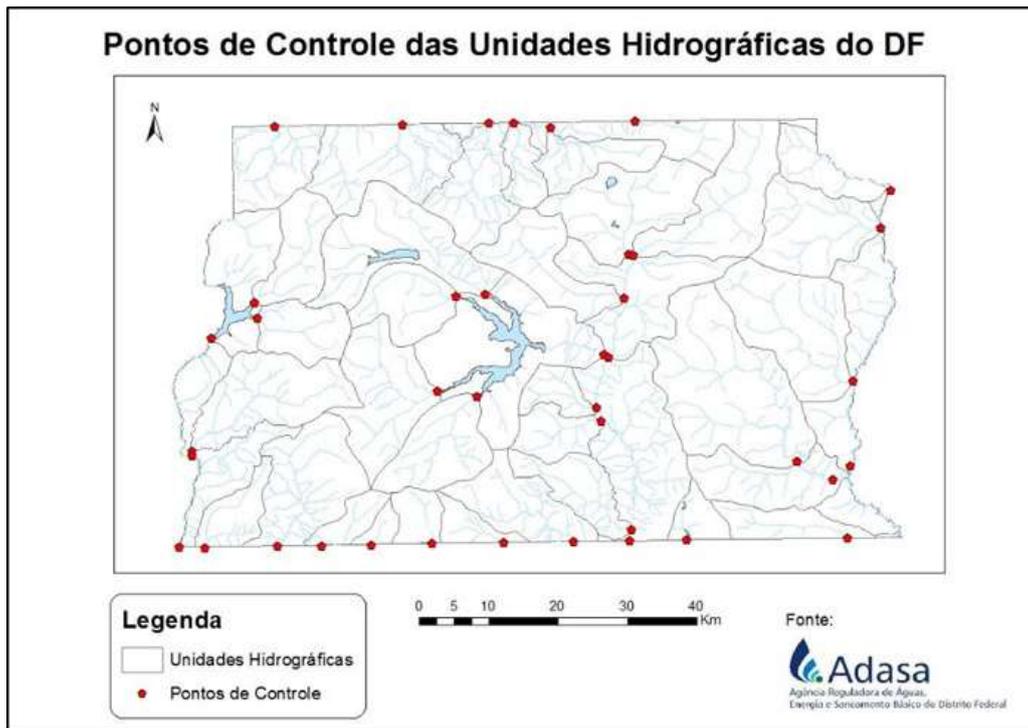


Figura 3.5 : Pontos de controle de qualidade de água da Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal Unidades Hidrográficas do Distrito Federal. Fonte: Adasa (citado por Campos et al., 2015).

Além do esforço de monitoramento, Campos *et al.* (2015) indicam que nas águas superficiais do DF, em análises relativas aos últimos dois anos, das 40 unidades hidrográficas da região, apenas uma não apresentou valores em desconformidade com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005, no entanto essa é referente a um corpo de água enquadrado na pior classe de qualidade possível na seção de água doces, a classe 4. Deve-se atentar para o fato de que uma série de dados mais longa esclareceria se a ocorrência de extrapolação dos limites seria representativa para se afirmar que um rio está enquadrado ou não.

“Sabe-se que o maior problema de poluição no Distrito Federal está relacionado a lançamento de efluentes domésticos tratados ou não. Os resultados corroboram este panorama e reforçam a necessidade de esforços e investimentos neste sentido.” (CAMPOS *et al.*, 2015).

A relação entre Unidades Hidrológicas em conformidade ou não é expressa pela Figura 3.6 na forma de gráfico.

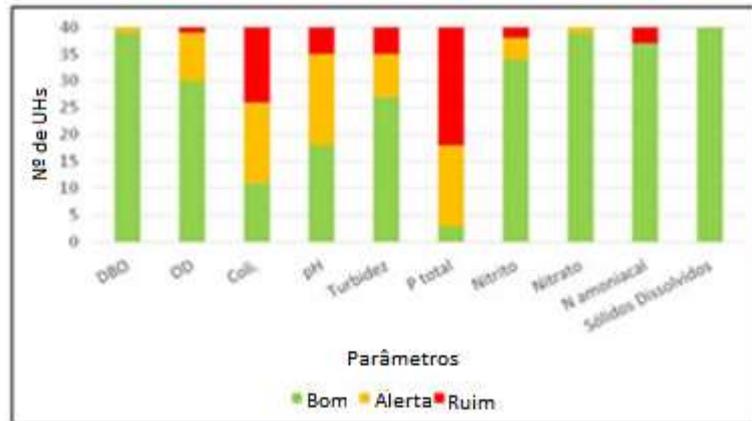


Figura 3.6: Número de UH's classificadas como boa, alerta ou ruim em relação a cada parâmetro avaliado.

Fonte: Campos *et al.* (2015).

Percebe-se pela Figura 3.6 que os limites são excedidos em alguns aspectos qualitativos da água, principalmente quanto ao fósforo total e coliformes termotolerantes, em relação ao nível desejado, pelo enquadramento, para os parâmetros de qualidade nos corpos d'água do DF.

Suscita-se, assim, a necessidade de um monitoramento e fiscalização mais intensivos para os recursos hídricos do Distrito Federal, visando uma melhor regulação e nivelamento da qualidade da água com aquela requerida pelas classes de enquadramento dos rios da região.

Considera-se ainda a participação mais próxima da sociedade quanto à problemática dos recursos hídricos da região como aspecto essencial para atingirem-se as metas de enquadramento propostas.

Nesse sentido a abordagem da ciência cidadã visando o monitoramento da qualidade das águas se mostra como uma ferramenta interessante para a gestão das águas no Distrito Federal, com expectativa de efeitos práticos na melhoria da qualidade dos recursos hídricos e no empoderamento da coletividade como seres de transformação social e ambiental.

#### 4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Distrito Federal (DF) está localizado na Região Centro-Oeste, no Planalto Central do Brasil, e está totalmente inserido no bioma Cerrado, um bioma rico em biodiversidade e que vem sofrendo degradação intensiva.

A região situada em terras altas possui drenagens que contribuem para três importantes regiões hidrográficas: São Francisco, Prata e Araguaia-Tocantins. A região do Planalto Central é referenciada por alguns ambientalistas, devido ao fato de possuir nascentes que contribuem para essas regiões hidrográficas, como o Berço das Águas.

As bacias hidrográficas do DF são representadas na Figura 4.1, onde é indicada a bacia do Rio Descoberto, área de drenagem para a região de estudo do presente trabalho, Brazlândia.



Figura 4.1: Mapa hidrográfico do Distrito Federal.

Fonte: Adasa, 2012.

De acordo com dados do IBGE, na Tabela 4.1, a população do DF já ultrapassa 2,5 milhões de habitantes, pressionando cada vez mais os recursos e serviços ambientais.

Tabela 4.1: Características gerais do Distrito Federal

<b>Capital</b>	<b>Brasília</b>
<b>População estimada 2015</b>	<b>2.914.830</b>
<b>População 2010</b>	<b>2.570.160</b>
<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>5.779,999</b>
<b>Densidade demográfica (hab/km<sup>2</sup>)</b>	<b>444,66</b>
<b>Rendimento nominal mensal domiciliar <i>per capita</i> da população residente 2014 (Reais)</b>	<b>2.055</b>
<b>Número de Municípios</b>	<b>1</b>

Fonte: IBGE(<http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=df>)

O desenfreado crescimento populacional, muitas vezes ocorrendo de forma desordenada e sem planejamento, desrespeitando muitas vezes especificações ambientais, consolida-se em sério problema hídrico ao DF, onde verifica-se segundo o Instituto Brasília Ambiental - IBRAM (2012), “situações de graves conflitos ambientais quanto à ocupação do solo e uso dos recursos hídricos em todas as principais bacias hidrográficas do Distrito Federal [...]”

De acordo com IBRAM (2012):

Nos últimos anos, em virtude do forte crescimento populacional e da intensificação das atividades econômicas nos setores 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, dos solos, da fauna e da flora regionais.

A situação do entorno do DF também é preocupante, pois ocorre um crescimento acelerado, com implicações ambientais e político-institucionais entre esses municípios e o Distrito Federal. Questões relacionadas à gestão dos recursos hídricos, como a qualidade da água para abastecimento e o lançamento de esgotos, que podem implicar em conflitos que ultrapassam as fronteiras municipais devem contar com ações conjuntas entre os entes federativos envolvidos para resolução dos problemas.

O presente trabalho tem como área de estudo a Região Administrativa de Brazlândia, pertencente ao Distrito Federal. Mais especificamente, o estudo se deu nas proximidades do Incra 8, núcleo rural situado entre Taguatinga e Brazlândia.

#### **4.1 BRAZLÂNDIA (DF)**

De acordo com a Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílio (PDAD): “Brazlândia era um povoado anterior à construção de Brasília que integrava a área rural

do município goiano de Luziânia, do qual foi desmembrado para se inserir no quadrilátero previsto para a transferência da nova capital.” (CODEPLAN, 2015).

Brazlândia foi criada em 1933, porém de acordo com o histórico da cidade presente no PDAD, elaborado pela Codeplan (2015), Brazlândia tornou-se Região Administrativa IV apenas em 1964, por meio da Lei nº 4.545, em 10 de dezembro de 1964. Na época da inauguração de Brasília a localidade possuía menos de 1.000 moradores, atualmente estima-se que para o ano de 2015 a cidade possuía uma população de 52.287 habitantes.

Brazlândia é uma Região Administrativa do Distrito Federal (RA IV) e de acordo com o site da Administração Regional de Brazlândia, Distrito Federal (2015), a cidade que é pólo de festas tradicionais como a do Divino, Morango, Carnaval e Via Sacra, possui uma região que tem um percentual da área em relação ao Distrito Federal de 8,32%, sendo composta por uma área total de 474,83 km<sup>2</sup>.

A Região Administrativa de Brazlândia é uma porção territorial que se situa no extremo noroeste do Distrito Federal, na região Centro-Oeste da República Federativa do Brasil. A figura 4.2, ilustra a localização de Brazlândia.



Figura 4.2: Mapa de localização da Região Administrativa de Brazlândia.  
Fonte: Wikimedia, 2007.

Possui clima tropical, com inverno seco e verão chuvoso, onde de acordo com a organização *Climate-Data* (s.d.), a temperatura média de Brazlândia é de 21.5 °C, e possui uma pluviosidade média anual de 1469 mm, onde o mês de junho sendo o mais seco possui precipitação de 6 mm, enquanto Janeiro sendo o mês de maior precipitação apresenta uma média de 267 mm. A figura 4.3 indica os valores médios de temperatura e precipitação para Brazlândia.



Figura 4.3: Gráfico climático de Brazlândia.  
Fonte: Climate-Data.org

A administração da região faz uma síntese quantitativa de alguns aspectos de Brazlândia, e conforme consta em seu site:

Brazlândia em números se dá da seguinte forma: 30 escolas da rede pública; 6 escolas particulares, um hospital regional e 03 centros de saúde; uma delegacia de Polícia Civil, um Batalhão de Polícia Militar, uma Companhia Regional de Incêndio do Corpo de Bombeiros; 9 linhas para Plano Piloto, Taguatinga e Ceilândia e 4 linhas para a zona rural; a agricultura constitui-se de 2.638 hectares de produção de hortaliças, 417 hectares de produção de frutas e 14 hectares de produção de grãos (DISTRITO FEDERAL, 2015).

A represa do Rio Descoberto e a formação do Lago Descoberto, que antes faziam parte de antigas fazendas da região, hoje são responsáveis pelo abastecimento de mais de 60% da água de todo o DF (CODEPLAN, 2015).

Apesar da proximidade com o Lago Descoberto, o abastecimento de água para consumo de Brazlândia é realizado por meio do Sistema Isolado de Brazlândia, onde dispõe de mananciais superficiais e subterrâneos para a captação. De acordo com a ANA (2010), por meio do Atlas Brasil de Abastecimento Urbano de Água, tem-se o croqui demonstrativo do abastecimento da Região Administrativa de Brazlândia, expresso pela figura 4.4.

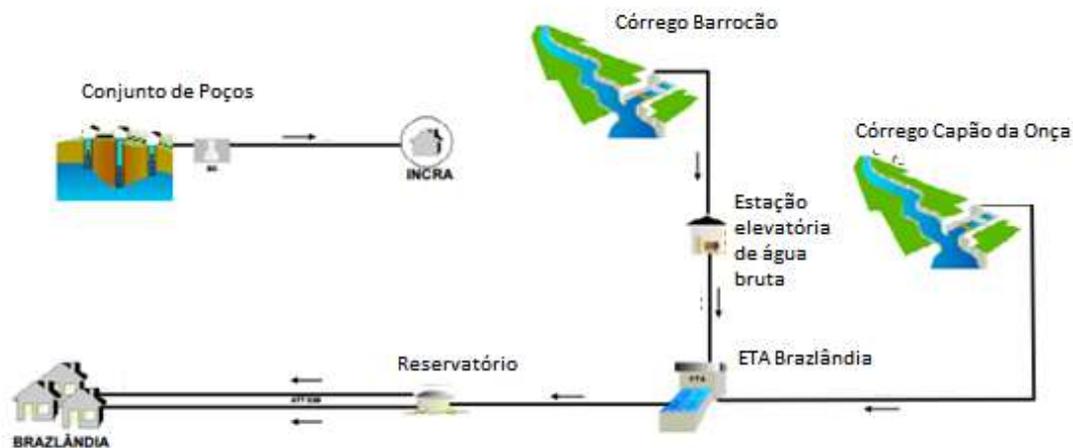


Figura 4.4: Sistema isolado de abastecimento de água de Brazlândia.  
 Fonte: ANA, 2008 (Modificado).

Os mananciais superficiais onde ocorre a captação da água, para posterior tratamento na ETA Brazlândia, são o Córrego Capão da Onça e o Córrego Barroco (Figura 4.6). A região de Brazlândia denominada INCRA é abastecida por conjunto de poços.

A mais expressiva bacia do DF no território de Brazlândia é a Bacia do Descoberto, que protagoniza alguns conflitos ambientais quanto à ocupação do solo e recursos hídricos, onde, de acordo com o Ibram (2012):

Na **Bacia do Descoberto**, onde se localiza nosso maior reservatório de água, manancial de abastecimento público de mais de um milhão de pessoas, há urgente necessidade de disciplinamento do uso do solo e do tratamento de esgotos dos novos núcleos urbanos surgidos nos últimos anos. Na área rural, o monitoramento e controle do uso de agrotóxicos e a racionalização dos processos de irrigação, visando garantir a preservação da qualidade e da quantidade de água, são medidas necessárias para a compatibilização da vocação agrícola da bacia com o abastecimento público de água (IBRAM, 2012).

A Região Administrativa de Brazlândia, dada sua proximidade com o principal manancial do Distrito Federal e levando-se em consideração o fato de que sua principal atividade produtiva é a agropecuária, deve ser objeto de constante vigilância quanto aos impactos de suas atividades na qualidade da água, sendo o monitoramento dos recursos hídricos atividade substancial para a gestão hídrica e tomada de decisões dos órgãos competentes.

Sob o domínio da Região Administrativa de Brazlândia a região do INCRA 8 será a área de alcance das atividades propostas por esse projeto de graduação.

#### 4.1.1 INCRA 8

O INCRA 8 é um setor urbano localizado entre Brazlândia e Taguatinga. Surgiu inicialmente como projeto de integração e colonização, na forma de um Núcleo Rural, sob tutela Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA.

O Núcleo Rural dividiu-se em Inkra 6, 7, 8, 9 sendo que só o Inkra 08 encontra-se na sua maioria urbanizado. Atualmente o setor Inkra 08 tem área de 65,3 ha num total de 436 lotes com aproximadamente 5 mil habitantes. O setor possui posto policial, escola, correios e posto de saúde (BRAZRURAL, 2016).

A escola CEF INCRA 8 (Coordenadas 15 44' 36,1"S 48 10'12,8"W) possui localização relativamente próxima ao ponto de monitoramento e por meio da instituição, que matém parceria com a UnB pelo Projeto Aquaripária, cedeu espaços para realização das análises e apresentação junto aos sentinelas, que eram alunos dessa escola. Os pontos ressaltados na Figura 4.5 indicam o ponto de monitoramento utilizado nesse trabalho e também a escola CEF INCRA 8.



Figura 4.5: Indicação dos locais da escola e do ponto de monitoramento.  
(Fonte: Google Earth, 2016.)

É importante salientar, pela figura acima exposta, o fato de que ambos os pontos ressaltados apresentam grande proximidade ao Lago do Descoberto que se apresenta no canto inferior esquerdo da imagem.

## 4.2 RIBEIRÃO RODEADOR

O Ribeirão Rodeador é um corpo d'água pertencente à bacia do Rio Descoberto, sendo um afluente direto do Lago do Descoberto, criado por barramento artificial. O lago é um dos principais mananciais do Distrito Federal, sendo responsável pelo abastecimento de grande parte de sua população e tendo seu sistema integrado ao de outros mananciais da região.

O local de amostragem para esse trabalho é ilustrado pela Figura 4.6 a seguir:



Figura 4.6: Ponto de amostragem no Ribeirão Rodeador.  
(Fonte: Próprio autor)

Pelo exposto, o monitoramento da qualidade da água do ribeirão se faz um imperativo, por questões de segurança hídrica e sanitária. No local de amostragem escolhido para o nosso trabalho também é realizado o monitoramento pela Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB). A Figura 4.7 mostra uma placa da CAESB com informações sobre o Ribeirão Rodeador.



Figura 4.7: Placa do ponto de monitoramento da CAESB no Rodeador.  
(Fonte: Próprio autor)

O ponto de monitoramento possui as seguintes coordenadas: 15°43'30'' (S) – 48°10'06'' (W Gr), como indica na figura acima.

#### 4.2.1 Caracterização da Bacia do Rodeador

A Bacia do Lago do Descoberto está inserida parte no domínio do Distrito Federal e outra parte no Estado do Goiás. É uma bacia responsável pelo abastecimento de água de grande parte da população do DF.

A bacia está dividida em outras 6 sub-bacias que são: Sub-bacia do Rio Descoberto, Sub-bacia do Córrego Chapadinha, Sub-bacia do Córrego Olaria, Sub-bacia do Córrego Rodeador, Sub-bacia do Córrego Capão Comprido. O mapa da figura 4.8 representa a região em questão.

A região de interesse delimitada para o presente trabalho se dá na Sub-bacia do Ribeirão Rodeador. De acordo com Rêgo (1991, apud. Carmo *et al.* 2005), a maioria dos produtores rurais que trabalham na região, prepara os terrenos para o plantio sem os cuidados necessários, retirando a faixa de vegetação (mata ciliar) dos percursos d'água e usando agrotóxicos no cultivo dos hortifrutigranjeiros várias vezes ao ano.

Pela vocação agrícola da bacia do Ribeirão Rodeador, deve-se atentar aos impactos que essas atividades podem causar na qualidade das águas da bacia, visto que o ribeirão é um afluente do mais expressivo manancial do Distrito Federal.

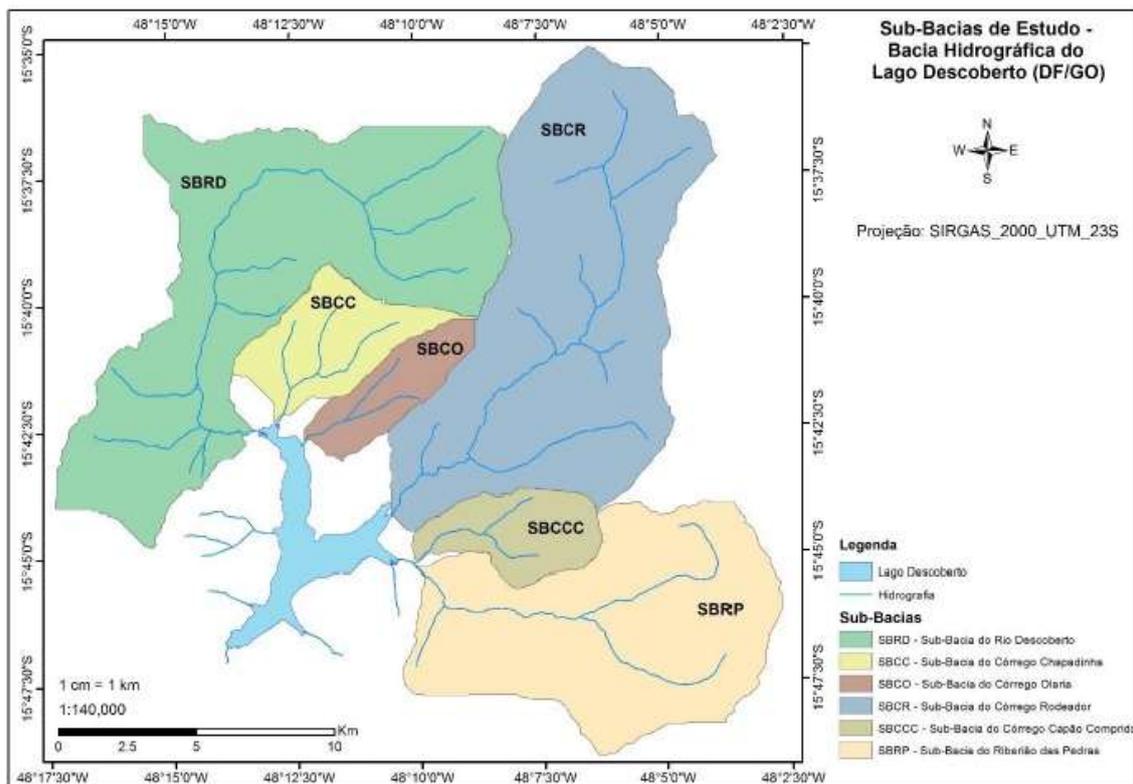


Figura 4.8: Sub-bacias do Lago Descoberto (Fonte: Ferrigo, 2014).

A sub-bacia do Ribeirão Rodeador, indicada pelo polígono azul na imagem acima, se mostra expressiva em área, sendo um dos principais contribuintes ao Lago do Descoberto.

#### 4.2.2 Análise de dados históricos de qualidade de água do ribeirão Rodeador – DF

A estação de monitoramento de qualidade de água escolhida para o desenvolvimento do presente projeto é, também, a estação de monitoramento histórico de qualidade de água da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB) para o ribeirão Rodeador.

Os dados referentes aos últimos três anos de monitoramento de qualidade da água do ribeirão Rodeador foram obtidos junto à CAESB. Com os dados recebidos foi possível realizar uma análise da história recente de qualidade de água desse curso d'água.

O ribeirão Rodeador é enquadrado, de acordo com o estabelecido na resolução CONAMA nº 357/05, como “classe 2”.

A seguir será apresentada a evolução histórica para alguns parâmetros de qualidade da água, que também foram contemplados no monitoramento proposto nesse projeto de graduação, tratando dessa questão dos limites estabelecidos pelo enquadramento proposto a esse corpo d'água.

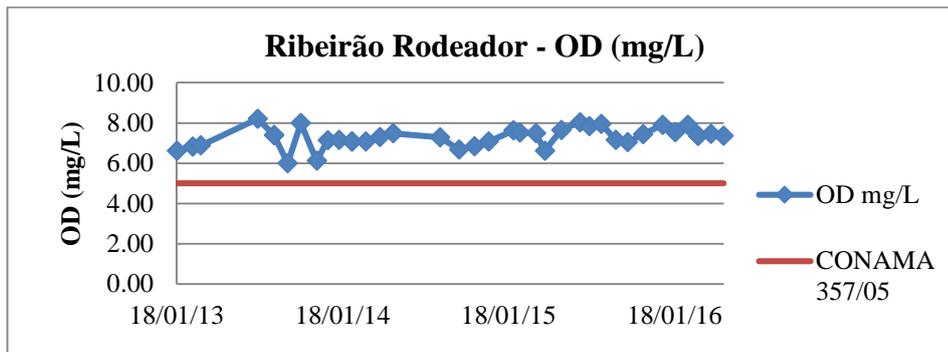


Figura 4.9: Série histórica para dados de Oxigênio Dissolvido e limite estabelecido pela resolução CONAMA n° 357/05.

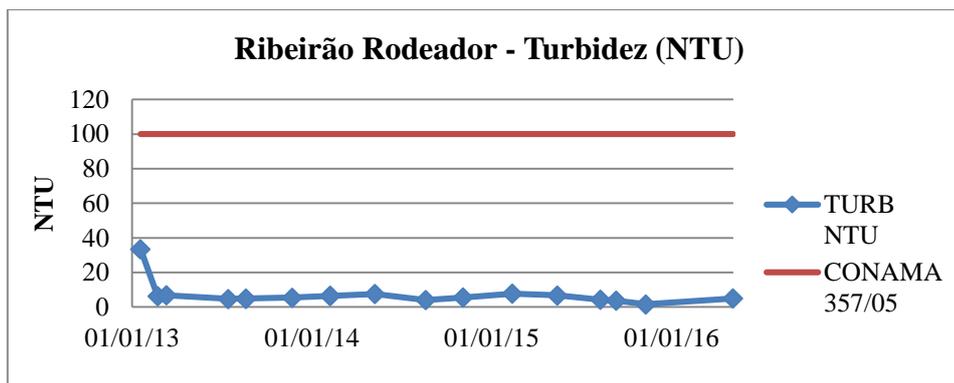


Figura 4.10: Série histórica para dados de Turbidez e limite estabelecido pela resolução CONAMA n° 357/05.

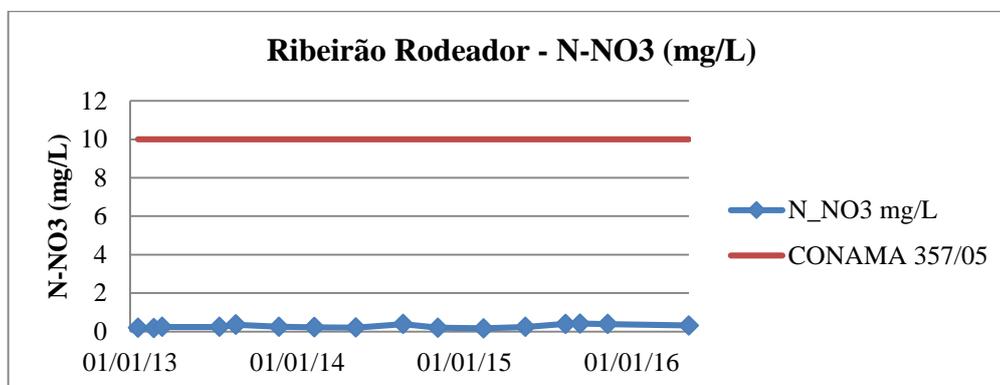


Figura 4.11: Série histórica para dados de Nitrato e limite estabelecido pela resolução CONAMA n° 357/05.

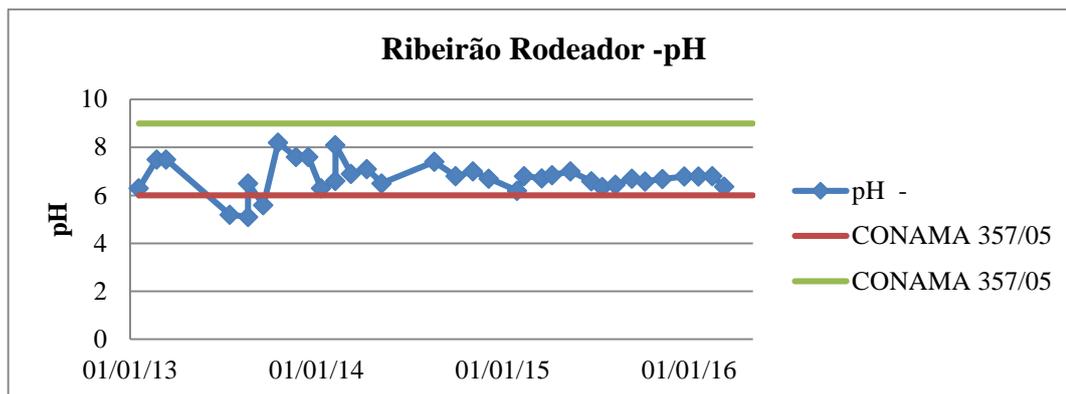


Figura 4.12: Série histórica para dados de pH e limites estabelecidos pela resolução CONAMA nº 357/05.

Pelos dados obtidos pela CAESB, tem-se que o ribeirão Rodeador respeitou os limites estabelecidos pela norma quanto a classe de enquadramento proposta, classe 2, para o oxigênio dissolvido, turbidez e nitrato em todas as datas monitoradas.

Os dados de pH excedem os limites em alguns pontos entre os anos 2013 e 2014, porém em sua maioria estão respeitando a resolução.

Pela análise desses gráficos pode-se ter um indicativo que a da qualidade do ribeirão Rodeador se mostra aceitável quanto aos usos propostos para esse corpo d'água, tendo em vista seu enquadramento, pelo menos quanto aos parâmetros elencados acima.

## 5. METODOLOGIA

O monitoramento da qualidade da água via abordagem da ciência cidadã torna-se um desafio devido ao fato de que requer uma estruturação bem elaborada dos meios de execução do monitoramento, dos métodos de análise dos dados e da forma de abordagem, “alistamento” e treinamento de voluntários. O método de pesquisa deve ser elaborado de tal forma que os resultados gerados possam passar por avaliação de confiabilidade e representatividade da realidade.

De maneira geral, os procedimentos para execução do trabalho são mostrados no fluxograma da figura 5.1.

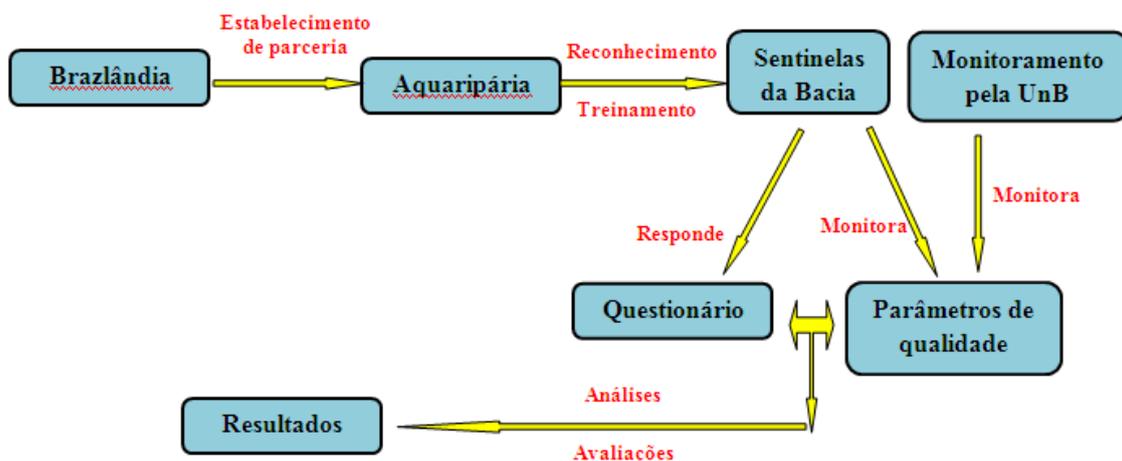


Figura 5.1: Fluxograma da visão geral das etapas do projeto.

### 5.1 PARCERIA INSTITUCIONAL

Inicialmente foi proposto o estabelecimento de parcerias com organizações que tenham atuação na área de estudo, de modo a conhecer as demandas e possibilidades junto à comunidade de Brazlândia.

A formação de parcerias permitiu uma abertura importante para o contato inicial com a comunidade e para o reconhecimento de possíveis voluntários (aqui referidos como “Sentinelas da Bacia”) que atuarão no monitoramento participativo da qualidade da água.

Uma oportunidade surgiu dentro da própria UnB, onde por meio do programa AquaRipária foi possível o reconhecimento dos sentinelas da bacia na região do INCRA 8 (Núcleo Rural de Brazlândia) e posterior atuação desses na produção dos resultados que serão apresentados adiante. A seguir será esclarecido o que é o programa AquaRipária.

### **5.1.1 Programa AquaRipária**

O programa AquaRipária surge como uma proposta de preencher as lacunas de informações sobre processos ecológicos em zonas ripárias, com pretensão de gerar resultados para a ampliação do conhecimento do funcionamento e uma efetiva conservação desses biomas ribeirinhos, que são fundamentais na manutenção da qualidade da água e da preservação da biodiversidade aquática e terrestre.

O programa teve início em 2009 e atualmente abrange várias linhas de pesquisa relacionadas ao tema, contando com participação de pesquisadores de diversas instituições, onde de acordo com descrição encontrada no site oficial do programa tem atuado em três linhas temáticas orientadoras: Funcionamento de zonas ripárias, restauração e ecoavaliação, e ecologia da paisagem. (AquaRipária, 2015).

“Diante disso, fica evidente que o Programa foi composto por ações coletivas de vários projetos e na convicção dos pesquisadores envolvidos de que somente o trabalho em equipe é capaz de superar os desafios ambientais brasileiros” (AquaRipária, 2015).

O Projeto AquaRipária visa avaliar métodos de restauração ecológicas em zonas ripárias, com ações iniciais no Distrito Federal, nas cabeceiras das Bacias Hidrográficas do São Francisco e do Paraná. Com experimentações de restauração ecológica com plantio de mudas nativas do cerrado em alguns corpos d’água, dentre eles o Capão Comprido situado no Incra 8, em Brazlândia.

Na evolução do projeto foram estabelecidos alguns contatos e parcerias em Brazlândia. Dentre elas o estabelecimento de bolsas de Iniciação Científica (IC-CNPq) a alunos do ensino básico que se comprometerem com determinadas atividades do projeto.

Assim sendo, a parceria entre o Programa AquaRipária e esse projeto de graduação se mostrou uma via de mão dupla virtuosa no atendimento dos objetivos de ambas as partes.

O entendimento das relações entre a zona ripária e o corpo hídrico tem como facilitador o monitoramento da qualidade da água. Quando se trata de monitoramento via ciência cidadã, uma consciência maior desses processos ripários surge não apenas em âmbito acadêmico, mas também no meio comunitário de Brazlândia, possibilitando a atuação preservacionista dos recursos hídricos da região por parte de quem vivencia a realidade dos corpos hídricos estudados.

## **5.2 MONITORAMENTO PARTICIPATIVO**

A ciência cidadã conta com esforços voluntários para a realização de seus projetos, na coleta e análise dos dados. Nesse trabalho os voluntários serão referidos como “Sentinelas da Bacia”, uma alusão àqueles que trabalham para vigiar algo, que no nosso caso, seriam os vigias da qualidade das águas da bacia hidrográfica a ser analisada, velando pelos recursos hídricos da região.

Os métodos de monitoramento da qualidade da água foram baseados na aplicação de questionários a serem respondidos pelos sentinelas contendo questões voltadas às percepções dos inquiridos quanto à qualidade d’água e também na utilização de kit ferramental para a execução de análise de parâmetros de qualidade da água nos corpos hídricos a serem monitorados.

Tratando-se da localização do ponto de monitoramento, a idéia seria que o curso d’água fosse localizado em área próxima à escola onde os sentinelas estudam. Isso não foi possível, pois perto do Incra 08 localiza-se apenas o lago Descoberto. Dessa forma, o ponto escolhido localizou-se a uma distância de cinco quilômetros da escola e com o acesso por meio de rodovia. Dessa forma todas as visitas foram realizadas com auxílio de veículo da UnB.

Durante a realização deste estudo, de caráter exploratório relacionado ao enfoque da ciência cidadã, para a minimização de possíveis riscos associados à realização dos trabalhos de campo pelos sentinelas da bacia, todas as idas a campo foram acompanhadas pelo graduando em engenharia ambiental, Diego Araújo da Palma (autor do presente trabalho) e pelos professores orientadores desse projeto de graduação ou por técnico do laboratório de Análise de Águas, do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da UnB.

### **5.2.1 Sentinelas da bacia – reconhecimento e treinamento**

A proposta para o reconhecimento dos sentinelas da bacia, esteve voltada à escola da comunidade do INCRA 8 (Centro de Ensino Fundamental INCRA 8), em Brazlândia, onde estudam os alunos bolsistas de iniciação científica pelo Programa Aquaripária. A localização do CEF INCRA 8 possui as seguintes coordenadas 15°44' 36,1"S e 48°10'12,8"W, obtidas por GPS em primeira investida para o reconhecimento do local.

Apesar de a maioria dos alunos que participaram do projeto serem bolsistas, teve também a participação de alunos não-bolsistas nas atividades. Os alunos que se propuseram a tornarem-se Sentinelas da Bacia estavam cursando o ensino médio.

O treinamento/capacitação dos sentinelas foi feito com o objetivo de esclarecer os procedimentos de monitoramento de qualidade dos recursos hídricos. A escola tornou-se local potencial para realização dos treinamentos, contando, ainda, com a oferta de infra-estrutura de recursos pedagógicos.

Foi disponibilizado pela escola espaço para realização do treinamento dos sentinelas e também para a realização das análises com o Kit após a coleta das amostras no corpo d'água selecionado para o presente estudo de caso, a citar, o Ribeirão Rodeador.

Com o curso de monitoramento cidadão de qualidade da água pretendeu-se instruir sobre questões voltadas aos recursos hídricos, com abordagem voltada à importância e a metodologia de monitoramento da qualidade das águas por uma via cidadã. Em tópico adiante no trabalho serão tratados os desdobramentos dessa capacitação dos sentinelas.

### **5.2.2 Seleção da estação de monitoramento junto aos sentinelas**

A seleção do local que seria a estação de monitoramento adotada por esse projeto foi feita a partir de saída de campo junto aos sentinelas da bacia, para que fosse selecionado um local de fácil acesso e que não oferecesse grandes riscos durante as campanhas de amostragem.

Os próprios sentinelas participaram desse processo de escolha, onde pelas suas experiências e conhecimento da região foram elencados alguns possíveis pontos de

amostragem. Foi feito o reconhecimento dos locais propostos utilizando-se de veículo da UnB.

Dentre os locais visitados, o que se mostrou mais apropriado foi um ponto no Ribeirão Rodeador. Ponto esse que se faz também uma estação de monitoramento da CAESB, para esse corpo d'água. O local possuía caráter estratégico às nossas análises, com espaço descampado na margem do córrego e também por possibilidade de obtenção junto a CAESB de dados históricos de qualidade da água no local.

### 5.2.3 Questionários

A proposta dos questionários pretendeu um acompanhamento do corpo d'água sob duas vias, onde se aplicou um “Questionário Geral” (no início e no final do projeto) sobre a percepção geral dos sentinelas quanto aos recursos hídricos. Também foram aplicados os “Questionários Mensais” para o acompanhamento das percepções quanto à situação do corpo d'água nos momentos de amostragem, e também para identificar possíveis causas de degradação da qualidade da água. Foram necessários modelos de questionários distintos.

O “Questionário Geral” respondido no início e no fim das atividades práticas dos sentinelas, voltado a aspectos de qualidade da água de modo mais geral e subjetivo, é disposto na forma do “Apêndice 1”. As perguntas elencadas por esse questionário são dispostas a seguir:

- 1) Indique o nível de importância que você atribui à água em suas atividades do dia-a-dia.
- 2) Qual a sua opinião quanto à qualidade das águas dos rios e córregos próximos em sua cidade?
- 3) Você acredita na possibilidade da água dos rios e córregos em sua cidade estar degradada por algumas dessas fontes? (*Pode marcar mais de uma opção*)
- 4) Você percebe a importância da atuação do governo na gestão das águas em sua região? Em qual intensidade?
- 5) Em sua opinião, qual a importância da participação da população na gestão das águas em sua região?
- 6) Em sua opinião, qual a importância tem a presença de vegetação (árvores, arbustos, mato, etc.) nas margens dos rios e córregos?

O “Questionário Mensal” voltado aos aspectos relacionados à qualidade da água no corpo hídrico no momento da coleta de amostras (para posterior análise junto aos

resultados gerados com o kit de monitoramento) é disposto na forma do “Apêndice 2”. Suas questões são elencadas a seguir:

- 1) O rio está aparentando possuir qualidade da água:
- 2) As margens do rio estão protegidas pela vegetação? Se sim, em qual intensidade?
- 3) Nota-se deslizamento ou erosão nas margens? Se sim, em qual intensidade?
- 4) É possível perceber a utilização da água do rio no local de análise? Quais os usos?  
(*Pode marcar mais de uma opção.*)
- 5) A água do rio está apresentando cor ou cheiro? (*Pode marcar mais de uma opção.*)
- 6) A água do rio está turva? (*água turva = água de aparência barrenta, suja*)
- 7) Percebe-se muito lixo nas margens do rio?
- 8) Percebe-se a presença de libélulas, besouros ou plantas aquáticas no rio ou em suas margens? (*Pode marcar mais de uma opção.*)

Os resultados obtidos através da aplicação dos questionários serão tratados em tópico específico mais adiante no presente trabalho.

#### **5.2.4 Kit de análise de água utilizado pelos sentinelas no monitoramento**

A proposta para realização do monitoramento participativo é voltada para a utilização de kit com ferramental voltado à determinação dos parâmetros de qualidade da água. O kit é de fácil utilização e frequentemente utilizado visando à educação ambiental, contendo metodologias analíticas simples e práticas.

Esse kit, indicado na Figura 5.2, é baseado principalmente em métodos colorimétricos, onde soluções são adicionadas a água modificando a cor da mistura de acordo com o parâmetro a ser analisado. A intensidade dos parâmetros é obtida por comparação com escalas de cores pré-definidas que integram o material do kit, resultando assim em faixas de valores que estimam os valores dos parâmetros dada a intensidade da cor resultante da mistura.

Apesar da simplicidade das análises a serem executadas com o kit de monitoramento é fundamental o treinamento e instrução dos sentinelas para uma correta utilização dos instrumentos de análise visando a redução de erros grosseiros nos resultados.

A *Global Water Watch*, organização de atuação internacional na aplicação de ciência cidadã para o monitoramento de qualidade da água, tem como método de

geração de dados pelos voluntários a utilização de kit similar ao proposto para esse trabalho.

O kit de monitoramento utilizado no presente projeto é o “EcoKit” da empresa Alfakit, constituído por maleta de instrumentos para monitoramento de parâmetros da qualidade da água. Segue a descrição da empresa:

“Kit para educação ambiental desenvolvido para controle da qualidade da água doce e salgada, para ser utilizado especialmente nas escolas por alunos a partir da quinta série ou comunidades em geral, trazendo a oportunidade de vivenciar um experimento simples e seguro, em contato direto com o meio ambiente.” (ALFAKIT, s.d.)

Esse kit possui em sua composição maleta para transporte, termômetro, reagentes com capacidade de 100 testes para cada parâmetro, mini garrafa coletora, luvas e acessórios para análise, frasco para coleta de amostra de Oxigênio Dissolvido, papel filtro, cartelas colorimétricas, manual de instruções, dentro outros materiais de análise. A figura 5.2 ilustra o kit proposto.



Figura 5.2: EcoKit  
Fonte: Alfakit (s.d.)

Com capacidade para realizar até 100 testes para cada parâmetro físico-químico, o kit tem capacidade de analisar os seguintes parâmetros: pH, Oxigênio dissolvido, Ortofosfato, Nitrito, Nitrato, Amônia, Turbidez, Temperatura. Ressalta-se que no kit adquirido para esse projeto o kit básico possuiu composição um pouco diferenciada, pois os reagentes para análise de ortofosfatos não foram enviados pela empresa, impossibilitando assim a realização dessas análises pelos sentinelas da bacia.

Outro aspecto diferenciado no kit utilizado foi a possibilidade de análise microbiológica de coliformes fecais e totais, importantes indicadores de poluição fecal

nas águas, indicando possibilidade de risco a saúde pela presença de organismos patogênicos. Para a realização dessas análises foi utilizada uma “micro estufa”, mostrada na figura 5.3, onde cartela com meio de cultura para essas bactérias, previamente imersa em amostra da água do rio, foi incubada a temperatura próxima a 37°C, por aproximadamente 24 horas<sup>9</sup>.



Figura 5.3: Micro estufa para análise de coliformes totais e fecais  
(Fonte: Alfakit, s.d.)

O kit possui um preço relativamente acessível indicado no site da Alfakit por R\$509,36. Esse custo se constitui como a principal demanda por recursos financeiros do projeto, além dos recursos para deslocamento até o local da amostragem. Também incorreu em custos a realização das análises laboratoriais das amostras, para comparação com os resultados de monitoramentos gerados pelos sentinelas.

### **5.3 PROCEDIMENTOS DO MONITORAMENTO DE QUALIDADE DE ÁGUA PARA VERIFICAÇÃO DOS DADOS GERADOS PELOS SENTINELAS**

A proposição metodológica para a obtenção dos dados relativos à qualidade da água consiste em duas orientações, a aplicação de questionários voltados à percepção dos sentinelas quanto a qualidade da água e o monitoramento dos parâmetros de qualidade propriamente dito por meio da utilização do kit de análise da água.

Os resultados das análises feitas pelos sentinelas foram indicados em folha de resultados, e a folha foi recolhida após seu preenchimento. Como alternativa, em outras abordagens onde a presença de tutores no acompanhamento das atividades dos cientistas

---

<sup>9</sup> O correto seria um período de incubação de 15 horas para não manchar a cartela, mas por questões logísticas não foi possível atender a esse quesito.

cidadãos não se faça necessária, pode-se optar pelo envio dos resultados via meio eletrônico, por computadores, smartphones, ou alguma plataforma na internet. Nesse estudo de caso foi usada folha de resultados, que foram preenchidas pelos sentinelas no decorrer das análises, e se faz presente na forma do Apêndice 3.

A folha de resultados possui espaço para os parâmetros de qualidade da água no qual o kit de monitoramento utilizado permitiu avaliar, a citar: Oxigênio Dissolvido, Amônia (N-NH<sub>3</sub>), Nitrato (N-NO<sub>3</sub>), Nitrito (N-NO<sub>2</sub>), pH, Turbidez, Coliformes e temperatura da água.

### 5.3.1 Campanhas de amostragem

A previsão inicial de amostragens era mensal, começando na segunda metade de fevereiro e se estendendo até o mês de maio, porém no decorrer das atividades do projeto esse cronograma teve que ser alterado devido às circunstâncias impostas pelo momento, onde a aula dos alunos secundaristas, que se tornariam sentinelas da bacia, apenas começaria em março devido à ocorrência de greve dos docentes em 2015.

O contato com os sentinelas e o curso de monitoramento apenas pôde ter andamento no mês de março e as campanhas de amostragem iniciaram-se apenas em abril, e seguiram até junho, onde no último mês foram realizadas três campanhas de amostragem para que a quantidade de dados se mostrasse mais representativa.

As amostragens realizadas durante o projeto são ressaltadas na forma da Tabela 5.1, ressaltando-se observações pertinentes a cada amostragem.

Tabela 5.1: Realização das amostragens no ano 2016.

Amostragem	Observações
02/04	Não foi possível a determinação dos coliformes nem pela mini estufa, nem em laboratório.
05/05	Integralmente realizada
02/06	Não foi possível a determinação dos coliformes nem pela mini estufa, nem em laboratório.
07/06	Amostragem de validação do kit e geração de valores de referência às análises. Não foram aplicados questionários devido a <b>ausência dos sentinelas na amostragem.</b>
09/06	Integralmente realizada

Outra dificuldade encontrada para a manutenção de amostragens com regularidade mensal foi conciliação dos dias disponíveis para as atividades concomitantemente entre

os sentinelas, responsáveis pela sonda e transporte (professores ou técnico da UnB), e o autor do presente projeto de graduação. Por isso as amostragens apresentam espaçamento temporal irregular, porém há amostras para os 3 meses da atividade de monitoramento.

O material necessário para as campanhas amostrais teve a seguinte composição: Questionários, prancheta, canetas, kit do monitoramento Ecolab, luvas, corda, balde, álcool gel, frasco para coleta de coliformes, caixa de isopor, gelox, frasco para coleta de amostra para o laboratório, garrafas para resíduos de amostras com reagentes do Ecolab, Sonda multiparâmetros, cabo da sonda, pisseta com água destilada e Becker de 250 mL.

A proposta de avaliação da aplicabilidade de ciência cidadã no monitoramento de qualidade da água demandou a comparação dos resultados gerados utilizando-se o kit de análise da água, confrontando-se com resultados gerados por análises mais precisas à realidade do corpo d'água. Por isso para as amostras coletadas foram feitas também análise de alguns parâmetros em laboratórios de análise de água, e alguns outros parâmetros por sonda multiparamétrica.

### **5.3.2 Análise comparativa**

Visando à análise da confiabilidade dos dados gerados pelos sentinelas, foi realizado o monitoramento de qualidade da água, que será referido por “**Monitoramento UnB**”, com análises laboratoriais e por sonda multiparâmetros. Esse monitoramento visou usar métodos mais refinados de análise de qualidade da água, proporcionando valores de maior precisão e acurácia aos resultados. Sendo assim o “Monitoramento UnB” mostra como uma aproximação mais fiel à realidade do ribeirão, e será adotada aqui como o referencial de comparação para as análises feitas pelo kit.

Os resultados de ambos os monitoramentos são comparados e avaliações de conformidade dos dados gerados por ciência cidadã podem gerar análises em vias de se fazer um julgamento a respeito da validação da utilização desse método de obtenção do diagnóstico qualitativo dos corpos hídricos para determinados fins, sejam acadêmicos, pedagógicos ou em políticas públicas.

Os erros do monitoramento utilizando-se o kit são relativos aos resultados do “monitoramento da UnB” (análises laboratoriais e sonda). Os resultados para os erros

expressos em percentual são erros relativos entre os dois monitoramentos (pelo Ecokit e pelo “monitoramento UnB”) são gerados pela equação a seguir.

$$Erro (\%) = \left( \frac{Resultado\ Ecokit - Resultado\ monitoramento\ UnB}{Resultado\ monitoramento\ UnB} \right) * 100 \quad (Equação\ 5.1)$$

Também foi feita uma comparação complementar entre os resultados obtidos pelos sentinelas e os resultados do “monitoramento de referência” (aquele feito apenas pelo autor do projeto no dia 07/06/2016), ambos gerados pela utilização do Kit de análise (Ecokit). Essa comparação foi utilizada para se avaliar o desempenho na manipulação do kit pelos Sentinelas da Bacia, comparando-se seus resultados com os gerados pelo autor do projeto, que teve um contato anterior com kit. Porém deve-se ressaltar que os resultados gerados pelo autor do trabalho com o kit, no monitoramento de referência, não necessariamente são os de maior qualidade possível.

### 5.3.3 Análises laboratoriais

As análises das amostras coletadas em campo foram realizadas em laboratórios de análise de água na Universidade de Brasília. O “Laboratório de Limnologia” do Instituto de Biologia, e o “Laboratório de Saneamento Ambiental” do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

No laboratório do Instituto de Biologia, sob os cuidados da parceria do Programa Aquaripária, foram realizadas análises de **nitrito** (mg/L N-NO<sub>3</sub>), **nitrato** (mg/L N-NO<sub>2</sub>), **amônia** (mg/L N-NH<sub>3</sub>) e **fosfatos**. Os resultados para fosfatos não serão utilizados por esse trabalho devido a ausência desse parâmetro no kit de monitoramento utilizado pelos sentinelas.

Após a amostragem e análises pelos sentinelas as amostras seguiram para os laboratórios em caixa de isopor com gelox. Sendo posteriormente filtradas em membrana de filtração operando por bomba a vácuo e congeladas para que se preservassem suas propriedades até a data em que as amostras seriam encaminhadas ao Laboratório de Limnologia do Instituto de Biologia, ao final das atividades de monitoramento do projeto. As análises para os parâmetros executadas por esse laboratório se deram pelo procedimento de cromatografia iônica. Nesta emprega-se princípios de troca iônica e utiliza-se para determinação quantitativa dos íons na solução, a condutância elétrica aferida pelo equipamento.

De acordo com FERNANDES (2006), tem-se que esse procedimento analítico consiste em quatro etapas, o transporte, a separação, a detecção e, por fim, as análises de dados para os íons.

Ainda de acordo com o FERNANDES (2006) ocorre que na etapa de transporte 1 ml de amostra é transportada por eluente líquido, com composição e concentração conhecidas, e sob pressão. A separação se dá pelas interações dos diferentes íons com os sítios ativos da coluna de separação. A detecção é feita por célula de condutividade. A análise de dados é feita por software que recebe o sinal da célula de condutividade.

As análises microbiológicas, para quantificação de **coliformes** nas amostras, foram realizadas no Laboratório de Saneamento Ambiental da UnB. As amostras foram coletadas em frascos adequados a essas análises, sendo previamente esterilizados em autoclave e secos em estufa.

As análises foram executadas pelo método Colilert, de patente da INDEXX Laboratories, que faz detecções simultâneas de coliformes e *E. coli* via meio de cultura específico.

De acordo com HENRIQUES (2010), o meio Colilert contém os nutrientes ONPG (o-nitrofenil- $\beta$ -D-galactopiranosídeo) e MUG (4-methylumbelliferyl- $\beta$ -D-glucuronide). As enzimas específicas e, portanto, características dos coliformes totais ( $\beta$ -Galactosidade) e da *E. coli* ( $\beta$ -Glucuronidase) ao metabolizarem os nutrientes, causam a liberação do radical orgânico cromogênico, e como consequência, a amostra passa a apresentar uma coloração específica amarela para coliformes totais (ONPG) e fluorescência (na presença de luz ultravioleta a 365 nm) para *E. coli* (MUG).

As amostras, de 100 ml, receberam o meio de cultura Colilert e foram seladas e incubadas em cartelas Quanti-Tray/2000, com capacidade de contagem de 1 a 2419 do número mais provável conferido na tabela NMP do método. O período de incubação foi de 24 horas, a uma temperatura de 35°C.

#### **5.3.4 Sonda Multiparâmetros**

Além das análises laboratoriais, alguns parâmetros foram obtidos *in loco* com utilização de sonda de monitoramento multiparâmetros, que possui elevada praticidade na aferição dos níveis desses parâmetros, gerando resultados quase que instantaneamente. Os parâmetros medidos pela sonda foram os seguintes: **Oxigênio**

**dissolvido** (mg O<sub>2</sub>/L), **turbidez** (NTU), **pH** e **temperatura da água** (°C). A sonda utilizada possui capacidade de medição de outros parâmetros, mas esses que foram elencados são os de interesse específico ao projeto. A manipulação desse equipamento ocorreu por técnicos capacitados. A sonda, em campo, é mostrada na figura 5.4.

A sonda utilizada nesse trabalho foi o modelo “YSI 6600 V2 Sonde” da marca YSI Environmental. Essa sonda de monitoramento de qualidade da água dispõe de abrangente gama de parâmetros, oferecendo alta confiabilidade, com precisão e acurácia.



Figura 5.4: Monitoramento de parâmetros via sonda multiparâmetros.

Dada a metodologia de estudo e as nuances ressaltadas nesse tópico, avança-se à apresentação dos resultados obtidos durante as atividades do projeto e também para a discussão e avaliação crítica dos resultados.

## 6. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O treinamento dos sentinelas da bacia ocorreu na forma de um curso contemplando abordagem teórica, na forma de palestra, e prática, ao longo do projeto na forma de instruções à amostragem e análises com o kit de monitoramento.



Figura 6.1: Apresentação para o curso de monitoramento cidadão de qualidade da água.

A apresentação contemplou, em linhas gerais, os seguintes tópicos:

- Abordagem teórica geral sobre recursos hídricos.
  - Ciclo hidrológico, gestão dos recursos hídricos no Brasil, Classificação e Enquadramento dos corpos d'água, importância do monitoramento, etc.
- Ciência cidadã no monitoramento de qualidade das águas – considerações gerais.
- Apresentação do Kit de monitoramento de qualidade de água e simulação dos procedimentos que ocorreriam em campo.

Com a realização do curso os participantes puderam aprimorar seus conhecimentos quanto às questões hídricas, ressaltando-se aspectos voltados à gestão dos recursos hídricos e a parâmetros de monitoramento da qualidade da água. Os sentinelas puderam esclarecer as dúvidas quanto aos procedimentos a serem executados por eles durante o projeto.

Após o treinamento as atividades práticas (monitoramento no campo e análises) foram iniciadas gerando resultados que se orientaram em dois caminhos distintos, um deles foi a avaliação de caráter mais objetivo quanto à ciência cidadã para o

monitoramento de qualidade da água e o outro, a captação das percepções dos sentinelas quanto às questões hídricas mais subjetivas.

Pela primeira abordagem foi realizada a comparação entre o monitoramento feito pelos sentinelas da bacia, utilizando-se do kit de monitoramento de qualidade da água, e os resultados das análises dos parâmetros de qualidade da água via sonda multiparâmetros e análises laboratoriais realizadas na Universidade de Brasília. Os resultados gerados por esse caminho metodológico estão apresentados na sequência. As análises de respostas dos questionários mensais concorrem com essa abordagem, pois permitem avaliações qualitativas ao corpo d'água à medida que é feita a amostragem.

No “Anexo 4” é apresentada a tabela com a compilação dos erros referentes a todas as campanhas amostrais para facilitar a interpretação e avaliação dos resultados gerados. Os erros apresentados referem-se à comparação entre os resultados gerados pelo monitoramento com o kit de análise em relação ao “Monitoramento UnB” (análises laboratoriais e por sonda multiparâmetros).

Para a comparação dos resultados pelos sentinelas com os gerados pelo autor do trabalho (sem a participação dos sentinelas), ambos utilizando o Ecolit, foram confrontados seus os erros percentuais (obtidos a partir da equação 5.1). Os resultados gerados pelo autor do trabalho, referente a campanha amostral do dia 07/06/2016, são mostrados a seguir. Esses resultados serão valores de referência no qual serão base para avaliação dos dados gerados pelos sentinelas.

Tabela 6.1: Análises pelo Ecolit (autor do trabalho) em comparação com “monitoramento UnB” em 07/06/2016.

Parâmetro	Ecolit	Monitoramento UnB	Erro Comparativo
Oxigênio Dissolvido [mg O <sub>2</sub> /L]	9	7,5	20,00%
Amônia [mg N-NH <sub>3</sub> /L]	0,25	-	-
Nitrato [mg N-NO <sub>3</sub> /L]	0,5	0,563	-11,19%
Nitrito [mg N-NO <sub>2</sub> /L]	0,01	0	0,01 (Erro absoluto)
pH	6,5	6,49	0,15%
Turbidez [NTU]	<50	5,3	Dentro da Faixa
Coliformes Fecais	880 <sup>[1]</sup>	658,6 <sup>[2]</sup>	33,62%
Coliformes Totais	1440 <sup>[1]</sup>	960,6 <sup>[2]</sup>	49,91%
Temperatura [°C]	19	19,25	-1,30%

Obs: [1] - UFC/100mL ; [2] - NMP/100mL

Pelos resultados gerados nessa etapa do trabalho pode-se constatar que o kit utilizado para o monitoramento pelos sentinelas possui acurácia diferenciada entre os diversos parâmetros avaliados, alguns com grande proximidade com o valor aferido por métodos mais precisos de análise (monitoramento UnB), e outros com maior variação.

Importante ressaltar que os resultados gerados pela amostragem de validação do kit, mostrados na tabela 6.1, não são valores de maior acurácia. Essa análise foi adicionada à avaliação com base na realização de uma amostragem sem a participação dos sentinelas. Os resultados gerados, baseados no manuseio do kit de qualidade de água pelo estudante responsável pelo desenvolvimento deste projeto final (acadêmico com experiência prévia na aplicação do kit e ciente de todos os cuidados necessários preconizados pela empresa que comercializa o produto) foram considerados como valores de referência.

Recomenda-se que, para a realização de trabalhos futuros, sejam feitas análises por especialista na área de qualidade da água, com várias amostras aleatórias, para se ter uma noção da precisão do kit por análises estatísticas quanto à aproximação de seus resultados em relação a resultados gerados por métodos mais precisos de análise da água (como análises laboratoriais ou por sonda multiparamétrica). Esta seria uma maneira de se ter um erro referencial mais adequado, pois os valores gerados pelo autor do trabalho podem ter sido influenciados por experiência limitada com o Ecolit, como também pela própria limitação de precisão pelo método de análise pelo kit. Mas ainda assim esses valores expressos na tabela 6.1 serão elucidativos à capacidade de

manipulação do kit pelos sentinelas, e se mostram como método complementar às análises desse projeto.

Pelos resultados por essa campanha amostral pode-se presumir que os parâmetros temperatura, nitrito e pH apresentam resultados bem próximos aos medidos pelo “Monitoramento UnB”, já para o nitrato e oxigênio dissolvido se afastam moderadamente, porém possuem representatividade sugestiva quanto à realidade do corpo hídrico. Já análises microbiológica de coliformes com o kit, pelo método da “micro estufa”, apresentaram um desvio mais elevado, fato que merece mais atenção em futuras análises por esse método, pois o valor recomendado de incubação, que seria de 15 horas, foi extrapolado por questões logísticas nesse trabalho (pois não se teve disponibilidade para realizar as análises no período recomendado), sendo utilizado período de 24 horas de incubação, que também era permitido apesar de não ser o recomendado.

Os resultados para as análises cromatográficas de amônia não foram disponibilizados pelo Laboratório de Limnologia da UnB em tempo hábil, impossibilitando assim a avaliação da qualidade dos dados referentes ao nitrogênio amoniacal gerado pelos sentinelas.

Vale ressaltar que as análises de oxigênio dissolvido (OD) e nitrato se mostraram parâmetros analisados pelos sentinelas, a despeito da turbidez, com discrepância mais acentuada, apresentando respectivamente 20% e 11,19% de erro relativo em comparação ao “Monitoramento UnB”. Aspectos relacionados às análises de turbidez serão tratados adiante.

As análises microbiológicas foram realizadas, tanto pelo kit de monitoramento quanto por análises laboratoriais, apenas pelo autor do trabalho (não foram contempladas nas análises pelos voluntários), servindo-se apenas como experiência incipiente e sugestiva para futuros trabalhos que visem aplicar a ciência cidadã ao monitoramento de qualidade da água tratando-se de análises do tipo. As unidades por ambos os métodos (UFC/100ml e NMP/100ml) podem se fazer equivalentes a depender das normas e regulamentos legais que tratam da qualidade da água.

Os resultados apresentados a seguir são referentes as quatro datas nas quais foram realizadas as amostragens e análises com a participação dos sentinelas da bacia e se

apresentam pelas seguintes investidas de monitoramento: 02 de abril, 05 de maio, 02 de junho e 09 de junho (todas do ano 2016).

Tabela 6.2: Análises pelo Ecolit em comparação ao “monitoramento UnB” em 02/04/2016.

Parâmetro	Ecolit	Monitoramento UnB	Erro Comparativo
Oxigênio Dissolvido [mg O <sub>2</sub> /L]	5,2	8,41	-38,17%
Amônia [mg N-NH <sub>3</sub> /L]	0,25	-	-
Nitrato [mg N-NO <sub>3</sub> /L]	0,7	0,907	-22,82%
Nitrito [mg N-NO <sub>2</sub> /L]	0,01	0	0,01 (Erro absoluto)
pH	6,5	6,34	2,52%
Turbidez [NTU]	<50	6,2	Dentro da faixa
Coliformes Fecais	-	-	-
Coliformes Totais	-	-	-
Temperatura [°C]	22	21,13	4,12%

Os resultados para essa campanha de monitoramento reforçam a questão da acurácia do kit de monitoramento, já tratada anteriormente, quanto aos vários parâmetros de qualidade da água estudados aqui.

Por ser um primeiro contato entre os voluntários e a atividade de monitoramento proposta, os resultados gerados para oxigênio dissolvido e nitrato apresentaram um erro relativo consideravelmente maior do que os resultados de referência gerados pela amostragem de validação do kit.

Os parâmetros de nitrito, pH e temperatura se mostraram satisfatórios pelo monitoramento da qualidade da água via ciência cidadã, fazendo-se como resultado inicial positivo quanto a essa abordagem metodológica.

As análises de coliformes não foram realizadas para essa etapa do monitoramento, pois na época ainda estava sendo estudada a possibilidade de execução dessas análises para o projeto.

As respostas geradas pelo questionário mensal para a data dessa amostragem são elencadas a seguir na forma da tabela 6.3 e foram respondidos pelos dois sentinelas da bacia que participaram da amostragem nesse dia.

Tabela 6.3: Respostas ao Questionário Mensal em 02/04/2016 (10:20).

Pergunta	Resposta					
	i	ii	iii	iv	v	vi
1 <sup>º</sup>	Otima	Boa	Razoável	Ruim	Não percebe	
			2			
2 <sup>º</sup>	Sim, muito.	Sim, razoavelmente.	Sim, pouco.	Não.		
		1	1			
3 <sup>º</sup>	Sim, muito.	Sim, razoavelmente.	Sim, pouco.	Não.		
		1	1			
4 <sup>º</sup>	Banho	Beber	Irrigação	Limpeza	Não se percebe	Outro
					2	
5 <sup>º</sup>	Cheiro	Cor	Não se percebe			
		2				
6 <sup>º</sup>	Sim, muito.	Sim, razoavelmente.	Sim, pouco.	Não.		
			2			
7 <sup>º</sup>	Sim, muito.	Sim, razoavelmente.	Sim, pouco.	Não.		
		2				
8 <sup>º</sup>	Libélulas	Besouros	Plantas aquáticas	Não		
				2		

A concepção subjetiva das duas sentinelas da bacia que participaram da amostragem no dia converge em quase todos os pontos levantados. Tem-se que por suas visões o rio aparenta possuir qualidade da água razoável, fato que se atribui aqui principalmente devido ao fim do período de chuva fazendo com que a água apresentasse maior turbidez dentre as amostras, como será expresso a seguir, provocando a sensação de “água suja” dentre os sentinelas, isso os levou a marcar também unicamente para essa investida de monitoramento a indicação de cor da água. A figura 6.1 ilustra a situação do ribeirão Rodeador para essa data.

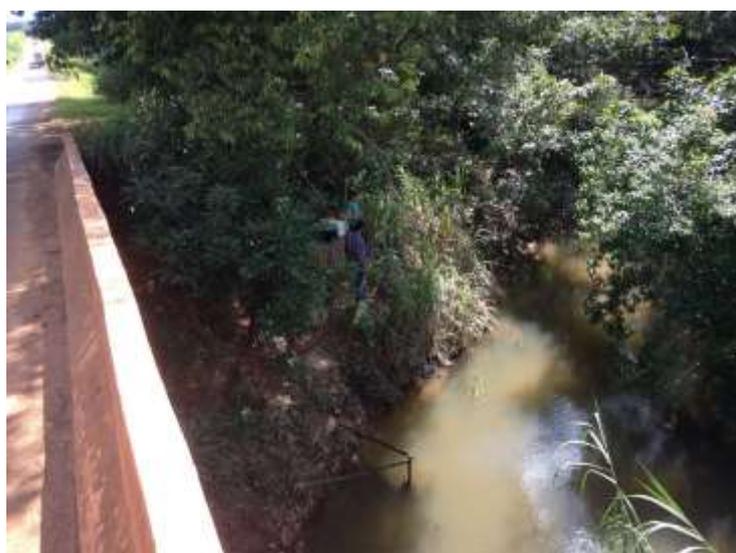


Figura 6.2: Ribeirão Rodeador em 02/04/2016.

Com turbidez menor em outras amostragens a percepção da qualidade é vista com melhores olhares, como é ressaltado nos próximos questionários mensais. As

margens e sua proteção vegetal foram dadas como razoavelmente preservadas e com quantidade razoável de lixo.

A seguir trata-se da segunda investida para amostragem e análise da água junto aos sentinelas da bacia, para o dia 05 de maio de 2016.

Tabela 6.4: Análises pelo Ecolit em comparação ao “monitoramento UnB” em 05/05/2016.

Parâmetro	Ecolit	Monitoramento UnB	Erro Comparativo
Oxigênio Dissolvido [mg O <sub>2</sub> /L]	6,6	6,02	9,63%
Amônia [mg N-NH <sub>3</sub> /L]	1	-	-
Nitrato [mg N-NO <sub>3</sub> /L]	0,7	0,574	21,95%
Nitrito [mg N-NO <sub>2</sub> /L]	0,01	0	0,01 (Erro absoluto)
pH	6	5,9	1,69%
Turbidez [NTU]	50-100	5	Fora da faixa
Coliformes Fecais	640 <sup>[1]</sup>	164,4 <sup>[2]</sup>	289,29%
Coliformes Totais	1280 <sup>[1]</sup>	>2400 <sup>[2]</sup>	Fora da faixa
Temperatura [°C]	20	19,94	0,30%

Obs: [1] - UFC/100mL ; [2] - NMP/100mL

Para a segunda amostragem os resultados gerados pelos sentinelas já se mostraram mais favoráveis à ciência cidadã, onde o erro relativo para o oxigênio dissolvido se mostrou com melhor desempenho em relação ao resultado anterior, mostrando-se até mesmo mais acurado do que o próprio valor de referência de validação do kit, podendo-se vislumbrar uma aceitação para a abordagem da ciência cidadã para o monitoramento da qualidade da água em termos de geração de dados.

O erro para o nitrato além de continuar se mostrando significativo, devido também à deficiência de precisão do kit que dá resposta apenas em valores pré-fixados para os resultados (o valor aferido por análise cromatográfica foi de 0,574 mas pelo kit se faz possível apenas a resposta de 0,5 ou 0,7 mg N-NO<sub>3</sub>/L), foi reduzido em quase um por cento ao valor antigo, mostrando a evolução na manipulação do kit pelos sentinelas.

Os valores de temperatura, pH e nitrito mantiveram seu comportamento quanto ao erro. Porém a turbidez aferida pela sonda se mostrou fora da faixa indicada pelos sentinelas.

Vale ressaltar que o procedimento para monitoramento da turbidez pelo kit é de imprecisão elevada e exige um excelente capacidade visual de percepção de contraste de

cores pelos sentinelas. Sugere-se que para esse parâmetro talvez fosse melhor adotar outra metodologia analítica, como por exemplo, o uso de padrões de turbidez em cubetas com diferentes valores pré-determinados para que fossem comparados com as amostras analisadas pelos voluntários.

Os resultados para as análises de coliformes totais e termotolerantes se apresentam com elevadas discrepâncias, porém, como já citado, nada têm a ver com as respostas pelos sentinelas. Indicam sobretudo uma necessidade de maior aprofundamento nas técnicas e procedimentos analíticos para uma futura abordagem junto aos sentinelas.

Pelos resultados das análises bacteriológicas executadas vislumbra-se uma possibilidade, ainda que incipiente, de geração de vestígios de fontes de poluição, onde se localizariam locais poluídos pelos indícios obtidos por essa análise de coliformes em micro estufa. Porém para geração de diagnóstico mais preciso precisaríamos de métodos mais elaborados de análises.

Tabela 6.5: Questionário Mensal em 05/05/2016 (10:20).

Pergunta	Resposta					
	i	ii	iii	iv	v	vi
1ª	Otima	Boa	Razoável	Ruim	Não percebe	
		2				
2ª	Sim, muito.	Sim, razoavelmente.	Sim, pouco.	Não.		
		2				
3ª	Sim, muito.	Sim, razoavelmente.	Sim, pouco.	Não.		
			1	1		
4ª	Banho	Beber	Irrigação	Limpeza	Não se percebe	Outro
	1				1	
5ª	Cheiro	Cor	Não se percebe			
			2			
6ª	Sim, muito.	Sim, razoavelmente.	Sim, pouco.	Não.		
					1	
7ª	Sim, muito.	Sim, razoavelmente.	Sim, pouco.	Não.		
			1	1		
8ª	Libélulas	Besouros	Plantas aquáticas	Não		
				2		

Pela análise dos questionários aplicados a percepção quanto à aparência da qualidade da água, as manifestações foram de melhoria da qualidade comparada ao dia da amostragem anterior, provavelmente devido à turbidez que se mostrava mais

elevada. Não foi percebida cor na água. A percepção quanto a margem teve resultado mais positivo em termos de conservação.

Nessa amostragem começou-se a indicar o uso da água do rio com fins de balneabilidade, mais a jusante do ponto de monitoramento de acordo com relatos dos sentinelas, já no lago do Descoberto, perto da foz do Rodeador. Essa resposta será reforçada mais adiante, como será mostrado.

Tabela 6.6: Análises pelo Ecolite em comparação ao “monitoramento UnB” em 02/06/2016.

Parâmetro	Ecolite	Monitoramento UnB	Erro Comparativo
Oxigênio Dissolvido [mg O <sub>2</sub> /L]	14	7,34	90,73%
Amônia [mg N-NH <sub>3</sub> /L]	0,5	-	-
Nitrato [mg N-NO <sub>3</sub> /L]	1	0,887	12,74%
Nitrito [mg N-NO <sub>2</sub> /L]	0,01	0	0,01 (Erro absoluto)
pH	6,5	6,04	7,61%
Turbidez [NTU]	50-100	2,1	Fora da faixa
Coliformes Fecais	-	-	-
Coliformes Totais	-	-	-
Temperatura [°C]	19	18,91	0,475%

As análises do dia 02 de junho puderam explicitar também alguns cuidados e precauções que devemos ter no desenvolvimento da ciência cidadã, como é o caso da análise de oxigênio dissolvido executada pelos sentinelas da bacia, que expressa claramente a ocorrência de um erro grosseiro no resultado, devido ao fato de que o valor aferido (14 mg O<sub>2</sub>/L) extrapola até mesmo a capacidade de medição pelo instrumental de análise do kit de monitoramento (escala de medição pelo método aplicado vai apenas até 10 mg O<sub>2</sub>/L).

Devido à possibilidade de ocorrência como a citada, a sugestão é de que os dados gerados via ciência cidadã possam passar por um crivo de aceitação por análise de confiabilidade, tal como ferramentas estatísticas ou, a depender do caso, talvez até mesmo por especialistas da área.

O resultado para o nitrato teve uma grande melhoria comparado aos das análises anteriores, indicando uma evolução significativa na prática, assemelhando-se ao valor de referência gerado na amostragem de validação de kit. Resultado que ressalta a capacidade progressiva da ciência cidadã nas habilidades dos voluntários para o monitoramento da qualidade da água, assemelhando-se aos resultados obtidos pelo

pesquisador deste trabalho, que possui conhecimento prévio sobre a área de recursos hídricos.

Resultados de análises microbiológicas não foram possíveis para essa amostragem devido ao descarte acidental das amostras antes de serem analisadas em laboratório.

Os demais parâmetros mantiveram seus comportamentos analíticos em relação às outras investidas de monitoramento do Ribeirão Rodeador por esse projeto.

Tabela 6.7: Questionário Mensal em 02/06/2016 (09:13).

Pergunta	Resposta					
	i	ii	iii	iv	v	vi
1 <sup>º</sup>	Otima	Boa	Razoável	Ruim	Não percebe	
		2				
2 <sup>º</sup>	Sim, muito.	Sim, razoavelmente.	Sim, pouco.	Não.		
		2				
3 <sup>º</sup>	Sim, muito.	Sim, razoavelmente.	Sim, pouco.	Não.		
	1			1		
4 <sup>º</sup>	Banho	Beber	Irrigação	Limpeza	Não se percebe	Outro
	1	1	2			
5 <sup>º</sup>	Cheiro	Cor	Não se percebe			
			2			
6 <sup>º</sup>	Sim, muito.	Sim, razoavelmente.	Sim, pouco.	Não.		
				2		
7 <sup>º</sup>	Sim, muito.	Sim, razoavelmente.	Sim, pouco.	Não.		
		1	1			
8 <sup>º</sup>	Libélulas	Besouros	Plantas aquáticas	Não		
				2		

Pela análise das respostas do questionário para essa fase do monitoramento pode-se ressaltar alguns aspectos de maior relevância, como na terceira questão que apresentou respostas totalmente divergentes entre os dois sentinelas que participaram da amostragem, mostrando que para uma mesma circunstância estrutural para as margens as concepções entre os avaliadores puderam se expressar como das piores ou das melhores.

Mostra-se assim uma falta de parâmetros para essa avaliação que poderia ser mais bem trabalhada em termos de discussões e educação ambiental nas comunidades, para que com o alinhamento entre as percepções possam melhor problematizar as questões ambientais, para daí trabalhar possíveis soluções.

Pelas respostas à quarta questão identifica-se a possibilidade de ocorrência de novos usos para a água do rio em adição àquelas já citadas anteriormente, como uso para a irrigação e também para o consumo humano. Quanto à irrigação já poderia se imaginar devido à vocação agrícola para a bacia, porém em relação ao consumo humano

esse resultado indica a necessidade de acautelamento da comunidade devido aos resultados obtidos para coliformes, que mostram uma possível fonte de contaminação fecal no ribeirão.

Essa possível contaminação indicada pelas análises, tanto no uso do kit quanto as laboratoriais, ganha maior respaldo devido ao relato de um cidadão que transitava pelo local no momento de uma das amostragens e comunicou que no período noturno o corpo d'água apresentava cheiro ruim e que a possível causa para tal seria o despejo de efluentes de criação de porcos em ponto a montante do local de amostragem.

Esse acontecimento traz a luz uma importante face da abordagem da ciência cidadã, que é a interação social, a discussão e a difusão de informações pertinentes a qualidade da água pela comunidade, desencadeando uma maior consciência coletiva e estimulando a participação cada vez maior dos atores locais na preservação ambiental.

A seguir apresentam-se os resultados para a última investida de monitoramento junto aos sentinelas contemplada por esse trabalho. É a referente ao dia 9 de junho.

Tabela 6.8: Análises pelo Ecolite em comparação ao “monitoramento UnB” em 09/06/2016.

Parâmetro	Ecolite	Monitoramento UnB	Erro Comparativo
Oxigênio Dissolvido [mg O <sub>2</sub> /L]	8	7,27	10,041%
Amônia [mg N-NH <sub>3</sub> /L]	0,25	-	-
Nitrato [mg N-NO <sub>3</sub> /L]	0,7	0,728	-3,846%
Nitrito [mg N-NO <sub>2</sub> /L]	0,01	0	0,01 (Erro absoluto)
pH	6	5,76	4,16%
Turbidez [NTU]	<50	1,9	Dentro da faixa
Coliformes Fecais	880 <sup>[1]</sup>	100 <sup>[2]</sup>	780%
Coliformes Totais	1520 <sup>[1]</sup>	630 <sup>[2]</sup>	141,26%
Temperatura [°C]	19	19,42	-2,16%

Obs: [1] - UFC/100mL ; [2] - NMP/100mL

Os resultados gerados pelos sentinelas no monitoramento mostraram uma melhora na qualidade das respostas bastante significativa, ressaltando mais uma vez o caráter benéfico da prática, onde foram gerados resultados para o oxigênio dissolvido e para o nitrato com precisão, em relação aos valores aferidos nos “Monitoramentos UnB”, melhores do que aquelas atingidas na validação do kit.

O resultado para nitrato gerado pelos sentinelas da bacia foi de tal qualidade que, apesar da imprecisão intrínseca ao kit usado, em termos de erro absoluto afastou-se apenas 0,028 mg/L N-NO<sub>3</sub> em relação ao aferido por método de análise laboratorial.

As análises de coliformes (não realizadas pelos sentinelas) foram analisadas mediante a realização de diluição prévia da amostra para uma proporção de 1/100 devido aos elevados valores aferidos em amostragens anteriores.

A turbidez apresentou-se dentro da faixa de valores indicada pelo kit, e os erros relativos para nitrito, pH e temperatura continuaram baixos, com representatividade à realidade desses parâmetros no corpo d'água no momento das análises.

Os resultados para o questionário mensal é mostrado a seguir na tabela 6.9.

Tabela 6.9: Questionário Mensal em 09/06/2016 (09:20).

Pergunta	Resposta					
	i	ii	iii	iv	v	vi
1 <sup>e</sup>	Otima	Boa	Razoável	Ruim	Não percebe	
		2				
2 <sup>e</sup>	Sim, muito.	Sim, razoavelmente.	Sim, pouco.	Não.		
		1	1			
3 <sup>e</sup>	Sim, muito.	Sim, razoavelmente.	Sim, pouco.	Não.		
			1	1		
4 <sup>e</sup>	Banho	Beber	Irrigação	Limpeza	Não se percebe	Outro
	2					
5 <sup>e</sup>	Cheiro	Cor	Não se percebe			
			2			
6 <sup>e</sup>	Sim, muito.	Sim, razoavelmente.	Sim, pouco.	Não.		
				2		
7 <sup>e</sup>	Sim, muito.	Sim, razoavelmente.	Sim, pouco.	Não.		
	1		1			
8 <sup>e</sup>	Libélulas	Besouros	Plantas aquáticas	Não		
				2		

Pelas respostas para essa data pode-se perceber também a questão da falta de parâmetros bem estabelecidos para o julgamento quanto à questão do lixo nas margens, pois as respostas apresentadas mostraram certo distanciamento de percepções para uma mesma realidade.

Foi reforçada também a idéia de que há uso voltado à balneabilidade no corpo d'água estudado, no qual foi indicado esse uso pelos dois sentinelas da bacia que responderam o questionário relativo à data tratada.

Pelos resultados gerados em todas as amostragens pelos sentinelas pode-se fazer considerações quanto ao enquadramento proposto para o Ribeirão Rodeador, que é estabelecido como sendo de “classe 2”, no qual os valores limites para os parâmetros avaliados por esse projeto são os dispostos na resolução CONAMA nº 357/05.

Analisando-se tanto os resultados gerados pelo monitoramento executado pelos sentinelas, como também os gerados pelo “monitoramento UnB”, o Ribeirão encontra-se dentro dos limites permitidos ao seu enquadramento para todos os parâmetros avaliados durante o período de monitoramento do projeto. Mostrando assim uma possível aplicação da ciência cidadã ao monitoramento de qualidade da água, na fiscalização popular e como instrumento de gestão aos órgãos competentes pela vigilância e adequação da qualidade da água em âmbito municipal, estadual ou federal.

Após a discussão mais focada nos resultados e nas análises pontuais aos momentos de amostragem segue-se ao trabalho uma discussão de teor mais subjetivo e geral quanto ao estudo de caso pela avaliação dos resultados obtidos pela aplicação do “Questionário Geral”.

Justifica-se a presença de linguagem menos formal e técnico aos questionários para que a comunicação seja clara e direta, evitando-se o uso de termos específicos e complexos que venham a causar estranheza aos sentinelas.

O caminho metodológico que buscou captar a evolução de aspectos da subjetividade dos sentinelas da bacia voltados à qualidade da água, através da aplicação dos questionários, se mostrou elucidativo quanto a alguns efeitos da ciência cidadã.

As respostas foram segmentadas em dois grupos, “Início das atividades” referente aos questionários aplicados nos meses de abril e maio, e “Fim das atividades” referente aos aplicados na segunda metade do mês de junho, ao final das atividades de campo.

Essa segmentação foi feita para que se possibilitasse a avaliação da evolução no tempo das percepções dos sentinelas quanto aos aspectos tratados nos tópicos do questionário. No primeiro grupo foram obtidas respostas para quatro questionários, já no segundo foram respondidos seis questionários, por isso as análises se mostram em grande parte através de resultados percentuais a fim de que seja possível comparar em uma mesma escala os dois grupos de respostas.

A seguir serão apresentados os resultados dessa etapa do projeto, através de esforço descritivo por gráficos, explicitando a evolução percentual dos resultados para se tratar os resultados com quantidade de dados diferente.

Para a primeira questão do questionário obtiveram-se os seguintes resultados, mostrados nos gráficos abaixo. Com enunciado para a questão sendo: “Indique o nível de importância que você atribui à água em suas atividades do dia-a-dia.”

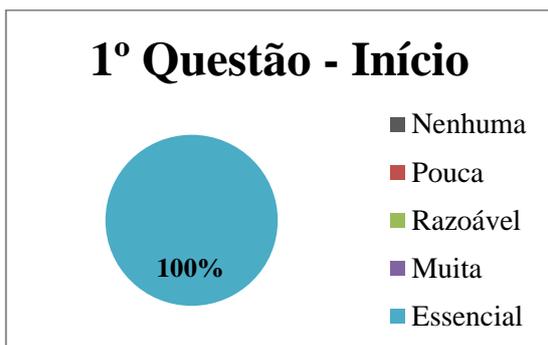


Figura 6.3: Respostas iniciais para a primeira questão do questionário geral.

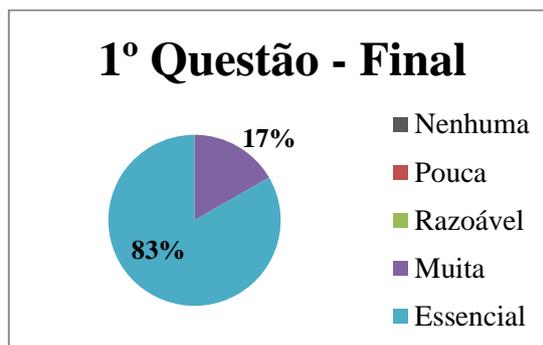


Figura 6.4: Respostas finais para a primeira questão do questionário geral.

Nota-se que os alunos entrevistados têm consciência da importância da água em suas atividades do dia-a-dia, fator positivo para que possam empenhar-se pela preservação desse recurso essencial a vida e as atividades desenvolvidas no cotidiano da sociedade.

Devido a descontinuidade de participação dos sentinelas nas atividades do projeto, e ao fato de que não foram necessariamente os mesmos voluntários que responderam nas duas etapas de aplicação do questionário, tem-se a dificuldade em julgar a evolução perceptiva pelas respostas, podendo-se apenas fazer avaliações por uma estimativa geral dessa evolução.

A resposta descrita como “muita” no grupo de questionários final, por exemplo, foi gerada por um sentinela da bacia que não participou das aplicações iniciais. Mas como aspecto geral a conclusão é de que a água se mostra como essencial e de muita importância para as atividades cotidianas de acordo com os sentinelas da bacia.

Já na segunda questão os resultados são expressos pelos gráficos abaixo. Com enunciado para a questão sendo: “Qual a sua opinião quanto à qualidade das águas dos rios e córregos próximos em sua cidade?”

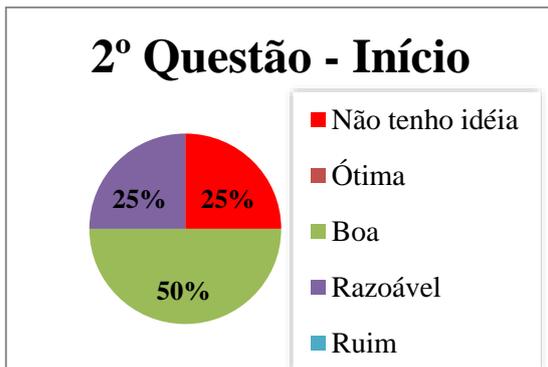


Figura 6.5: Respostas iniciais para a segunda questão do questionário geral.

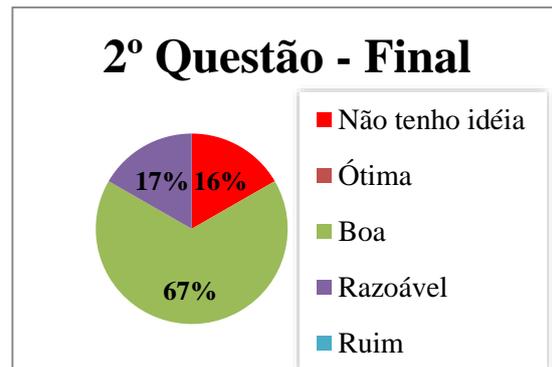


Figura 6.6: Respostas finais para a segunda questão do questionário geral.

Os resultados mostram-se próximos, com discrepância por duas respostas a mais para a opção “boa”, já que as aplicações finais tiveram duas respostas a mais.

É importante ressaltar que a resposta “não tenho idéia” dos resultados finais foi dada por uma aluna que não teve participação em nenhuma análise pelo kit e também em nenhuma saída a campo para amostragem, tendo participação apenas pela resposta do questionário.

A resposta “não tenho idéia” no questionário inicial foi respondido por uma aluna que também respondeu o questionário final, porém dessa vez com a resposta “boa”. Indicando assim que pela participação nas atividades os sentinelas desenvolvem suas noções e senso crítico quanto à qualidade das águas próximas a comunidade que residem. Ponto fundamental proporcionado pela ciência cidadã para o empoderamento popular e cobrança junto aos órgãos competentes do poder público.

Para a terceira questão do questionário obtiveram-se os seguintes resultados, mostrados no gráfico abaixo. Com enunciado para a questão sendo: “*Você acredita na possibilidade da água dos rios e córregos em sua cidade estar degradada por algumas dessas fontes? (Pode marcar mais de uma opção).*”

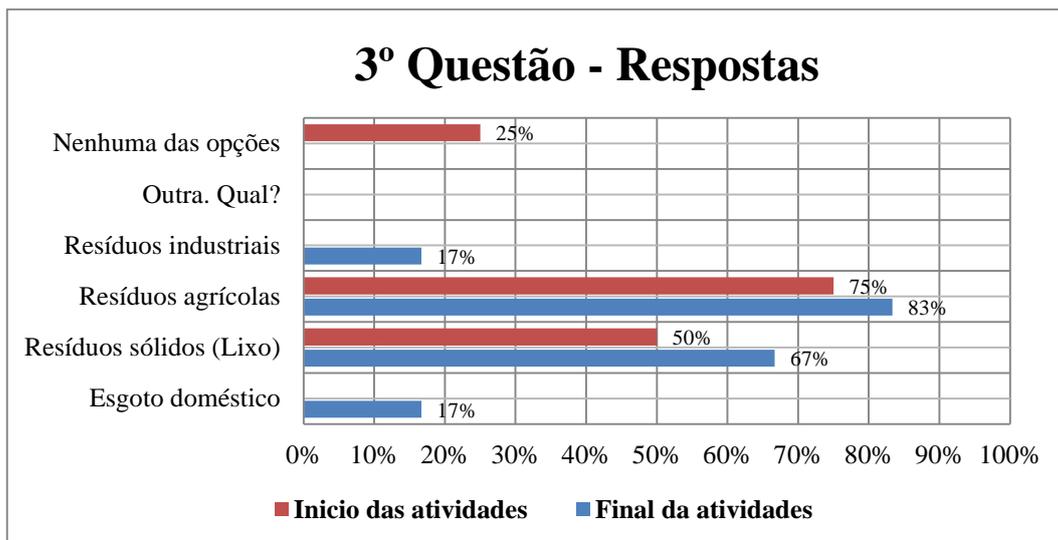


Figura 6.7: Respostas para a terceira questão do questionário geral.

Os resultados apontam para a convicção pela maioria dos sentinelas de que possa estar ocorrendo poluição no córrego por resíduos agrícolas. Esse resultado faz sentido quando se pensa na aptidão agrícola da bacia, de característica rural e composta basicamente por chácaras e fazendas.

A segunda fonte de poluição mais apontada foi por resíduos sólidos, com elevação de indicações para as respostas finais em relação às iniciais, fato que pode ter sido influenciado pelos questionários mensais, que tratavam da questão dos resíduos sólidos à margem do ribeirão, elevando-se assim o senso crítico dos sentinelas quanto a essa problemática.

Pode-se perceber uma evolução crítica dos participantes quanto à problemática dos recursos hídricos pelo fato de que um maior número de possíveis fontes de poluição foi elencado e também pelo fato de que a opção “nenhuma das opções” não teve nenhuma indicação no grupo de respostas final, ao contrário do que aconteceu com o grupo inicial.

Porém, ainda que apresente-se uma pequena elevação de indicação para poluição por esgoto doméstico entre os grupos (uma resposta dentre seis questionários finais aplicados), fica evidente que os resultados gerados pelas análises bacteriológicas deveriam ter sido apresentados e discutidos com maior intensidade para os sentinelas. Esse resultado provavelmente seria diferente se as análises de coliformes pelo kit do monitoramento tivessem sido executadas pelos sentinelas, e talvez as indicações para “esgoto doméstico” se fizessem mais expressivas do que a apresentada.

As respostas obtidas para a quarta questão do questionário geral são descritas nos gráficos abaixo. Com enunciado para a questão sendo: “*Você percebe a importância da atuação do governo na gestão das águas em sua região? Em qual intensidade?*”

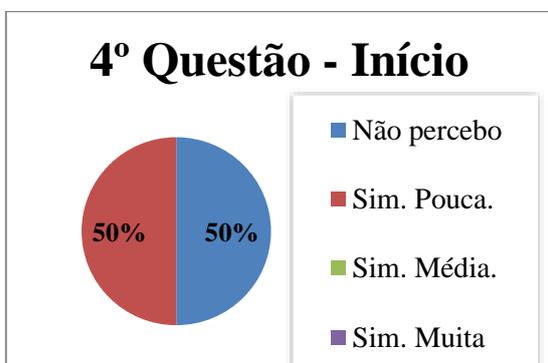


Figura 6.8: Respostas iniciais para a quarta questão do questionário geral.

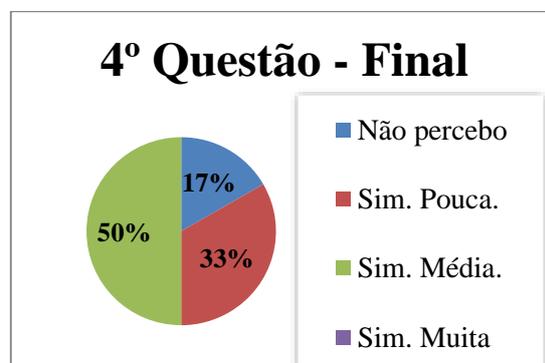


Figura 6.9: Respostas finais para a quarta questão do questionário geral.

Pelas respostas evidencia-se a evolução das percepções dos sentinelas da bacia quanto a atuação governamental para a gestão das águas, mostrando mais uma vez efetivar-se aspectos promissores da ciência cidadã para a conscientização das comunidades.

Ainda que os resultados indiquem uma relevância relativamente baixa atribuída à atuação governamental, em apenas aproximadamente três meses de atividades essa mudança na configuração geral das respostas se mostra muito significativa, onde com apenas respostas “Não percebo” e “Sim, pouca” para os questionários iniciais passa-se, nos questionários finais, à metade das respostas como sendo “Sim, média”.

Para a quinta questão do questionário obteve-se os seguintes resultados, mostrados nos gráficos abaixo. Com enunciado para a questão sendo: “*Em sua opinião, qual a importância da participação da população na gestão das águas em sua região?*”

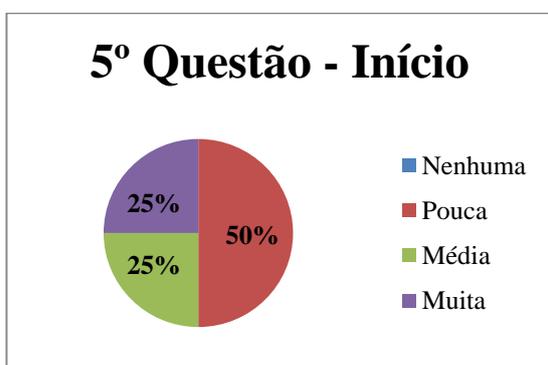


Figura 6.10: Respostas iniciais para a quinta questão do questionário geral.

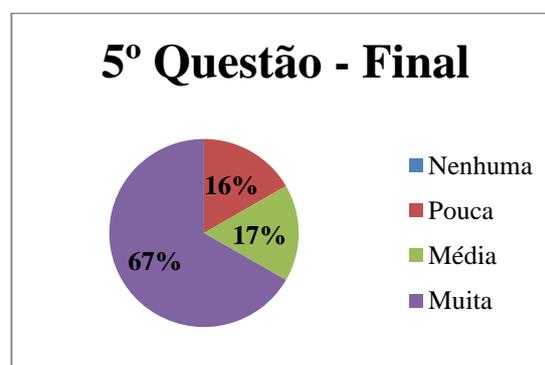


Figura 6.11: Respostas finais para a quinta questão do questionário geral.

Os resultados obtidos para a quinta questão são muito relevantes para a nossa análise e expressam por si só uma defesa à abordagem da ciência cidadã. Indicam com forte evidência o efeito virtuoso de que através da participação da população nos processos que são concernentes às comunidades na qual residem, os cidadãos passam a se conscientizar cada vez mais da importância dessa participação nos processos e decisões que afetam seu meio. Fenômeno que opera como uma alavanca à cidadania, sendo impulsionada pela ciência cidadã.

Nota-se a evolução da importância dada à participação popular na gestão das águas pela forte inversão percebida nos gráficos, onde inicialmente tinha-se metade das respostas indicadas por “pouca” importância, já no grupo de respostas final passa-se a ter mais do que metade das respostas indicando “muita” importância.

É válido ressaltar que em uma das respostas finais para essa questão, indicada como “média”, uma aluna adicionou o comentário: “Pelo fato de que ninguém sabe ainda”, sugerindo que há uma necessidade maior de divulgação e viabilização de mecanismos de ação para participação popular na gestão das águas da região.

Na sexta questão do questionário geral foram obtidos os seguintes resultados, mostrados nos gráficos abaixo. Com enunciado para a questão sendo: “*Em sua opinião, qual a importância tem a presença de vegetação (árvores, arbustos, mato, etc.) nas margens dos rios e córregos?*”

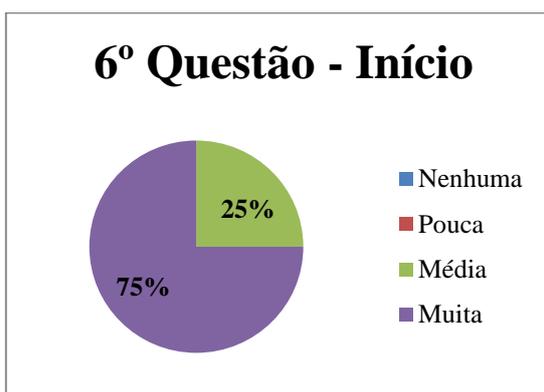


Figura 6.12: Respostas iniciais para a sexta questão do questionário geral.

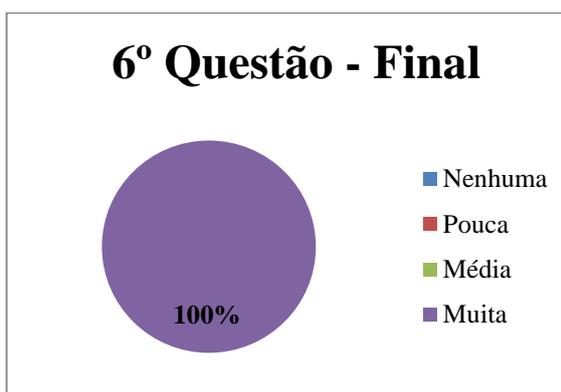


Figura 6.13: Respostas finais para a sexta questão do questionário geral.

Os resultados alcançados pelas respostas obtidas para a sexta questão do questionário geral apenas reforçam a evolução da percepção dos voluntários envolvidos no projeto em vias de uma maior consciência da problemática ambiental e de uma

postura conservacionista que é reforçada com a prática fora de sala de aula, em contato direto com a natureza, proporcionada por atividades de ciência cidadã tal como a desenvolvida por esse projeto.

A percepção da importância da proteção vegetal das margens dos corpos d'água se mostrou elevada inicialmente, mas ao final das atividades do projeto atingiu-se o patamar de 100% das respostas indicando “muita” importância à vegetação ripária. Evolução significativa e virtuosa proporcionada pelo desenvolvimento das atividades do projeto junto aos sentinelas da bacia.

A partir dos resultados gerados pelo monitoramento dos aspectos da qualidade da água pelos sentinelas, e pela avaliação de suas percepções, acima expostos, pode-se tecer algumas considerações de teor mais geral quanto à abordagem da ciência cidadã no monitoramento da qualidade das águas.

O estudo de caso do monitoramento da qualidade da água do Ribeirão Rodeador através de análises feitas por voluntários da própria comunidade (aqui referenciados como “sentinelas da bacia”) indicou um potencial de geração de dados de qualidade da água, onde a abordagem da ciência cidadã mostrou-se promissora para futuras aplicações, com dados de qualidade satisfatória a muitas aplicações, para maioria dos parâmetros tratados no trabalho.

Deve-se atentar também ao fato de que erros grosseiros podem passar despercebidos pelos sentinelas devido a alguma possível falta de clareza quanto aos parâmetros analisados, por não se conhecer as limitações do método, ou algum outro aspecto técnico – científico quanto ao tema tratado. Por isso faz-se recomendação de que os resultados gerados passem por algum crivo posterior quanto a sua veracidade por análises estatísticas, especialistas mais habituados ao tema, ou alguma outra solução.

Algo que dificultou um pouco o avanço do projeto foi a descontinuidade na participação de alguns voluntários, desestimulando em certa medida aqueles que estavam se empenhando, e também a adesão de outros no meio tempo em que o projeto estava sendo executado, tendo a participação de novos sentinelas da bacia que não passaram pela fase inicial de treinamento. Mas com o auxílio e apoio dos sentinelas mais antigos, e também do autor do trabalho, os novatos foram se ambientando na medida em que eram realizadas as análises.

Pode-se notar, de modo geral, a melhoria dos resultados das análises no decorrer do projeto, sugerindo que com tempo e prática os voluntários aprimoraram suas habilidades na manipulação do kit de monitoramento, chegando a gerar dados com precisão superior aos gerados com o kit pelo autor do trabalho (acadêmico com conhecimento prévio sobre a área de recursos hídricos). Essa avaliação faz-se positiva ao uso da ciência cidadã como metodologia de geração de dados que contribuam para o diagnóstico das águas do país, que atualmente se mostra oneroso e com lacunas em várias regiões.

Sugere-se uma expansão gradual da aplicação da abordagem da ciência cidadã, levando-se em conta as peculiaridades de cada localidade e também a evolução permanente das metodologias analíticas, para que as aplicações da ciência cidadã não venham cair em descrédito devido a resultados precipitados oriundos de procedimentos falhos.

Os métodos analíticos devem ser cada vez mais aprimorados, buscando-se maior acurácia sem tornar mais complexas e custosas as análises. Dessa forma as avaliações críticas negativas quanto à aplicação da ciência cidadã tornar-se-iam menos prestigiosas no meio científico e na administração pública.

Novos parâmetros de qualidade da água podem ser incorporados às análises na medida em que métodos bem elaborados, simples e confiáveis sejam desenvolvidos. Por isso se faz importante também o desenvolvimento científico e tecnológico com orientação voltada à ciência cidadã.

Ressalta-se a importância da atuação do poder público como planejador, coordenador e investidor para que ações de monitoramento como a proposta nesse trabalho possam se propagar e gerar os impactos positivos que a abordagem da ciência cidadã traz consigo.

## 7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente trabalho visou desenvolver e apresentar um procedimento para análise da pertinência e consistência do monitoramento de qualidade de água com base no enfoque da Ciência Cidadã, tendo como local de aplicação a comunidade do Núcleo Rural Alexandre Gusmão – Incra 08 (Brazlândia/DF). Os participantes do estudo, chamados neste estudo de sentinelas da bacia hidrográfica, foram estudantes do ensino médio do CEF Incra 08.

A área de estudo, o local onde está localizada a comunidade, o ponto de monitoramento definido para o trabalho e a respectiva bacia hidrográfica, foi caracterizada e dados e informações foram levantados para a realização do estudo. A escolha do ponto de monitoramento, em local próximo à comunidade, foi realizada em visita a campo em conjunto com os sentinelas.

O desenho experimental do trabalho, associando o monitoramento realizado pela UnB (monitoramento de controle) com o realizado pelos sentinelas da bacia (kit comercial adquirido) foi elaborado e plenamente executado dentro do período de realização do projeto final. Um curso para o treinamento dos cidadãos foi preparado e ministrado, assim como todo o treinamento para a realização dos trabalhos de campo e aplicação das análises com o kit de qualidade de água.

Os dados gerados no monitoramento realizado pelos sentinelas da bacia, com base em análises de parâmetros de qualidade da água pelo kit básico comercial adquirido, foram progressivamente melhores nas coletas realizadas.

Alguns resultados das análises geradas pelos voluntários (alunos da comunidade do INCRA 08) com a utilização do kit, mostraram melhor acurácia quando comparados ao monitoramento realizado pela universidade com o mesmo kit de análise. Fato que corrobora a favor da aplicação da ciência cidadã pela qualidade dos dados gerados pelos voluntários.

A falta de precisão para alguns parâmetros, intrínseca ao kit utilizado, e a ocorrência de erro grosseiro em uma das análises realizadas, sugerem que os dados gerados pelo monitoramento sentinela devem ser analisados de maneira cautelosa. Recomenda-se, com base nos resultados desta análise inicial, que os dados gerados

pelos cidadãos possam passar por algum procedimento de análise quanto a sua confiabilidade, como análises estatísticas dos dados ou outros métodos, antes de serem utilizados em aplicações mais nobres.

A análise das respostas dos sentinelas aos questionários de campo contribuíram positivamente para o entendimento da evolução de suas percepções relativas às esferas ambiental e social associadas ao gerenciamento dos corpos aquáticos localizados próximos a sua comunidade. Foi observado, como retorno positivo do enfoque da ciência cidadã em variados aspectos, tais como a importância das ações educativas em todos os momentos, o empoderamento dos cidadãos pelo saber, O estímulo à cidadania, A elevação da consciência relacionada às questões ambientais e, por último, a motivação e o incentivo à participação popular na gestão das águas.

Os resultados obtidos no presente trabalho, baseados em uma primeira análise associada ao enfoque avaliado, ainda incipiente em termos locais e regionais, indicaram que a abordagem da Ciência Cidadã, voltada ao monitoramento de qualidade da água, é promissora, com geração de dados relevantes pelos cidadãos. Ao mesmo tempo, observou-se que alguns aspectos relacionados ao método de coleta e análise das amostras requerem novos estudos e avaliações.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADASA - Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal. Monitoramento dos Recursos Hídricos do Distrito Federal. Adasa. Distrito Federal, Brasília: 2015. Disponível em: <[http://www.adasa.df.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1355%3Asituacaorhmonitsup&catid=79%3Ausuario-de-rh&Itemid=303](http://www.adasa.df.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1355%3Asituacaorhmonitsup&catid=79%3Ausuario-de-rh&Itemid=303)>. Acessado em: 16/11/2015.
- ADASA - Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal. Plano de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos do Distrito Federal. Adasa. Distrito Federal, Brasília: 2012.
- ALFAKIT. Ecolkit Água Doce / Salgada. Descrição de kit para controle de qualidade da água; [s.d.]. Disponível em: <<http://www.alfakit.ind.br/details/6681/ecokit-agua-doce-salgada-cod-6681>>. Acessado em: 30/11/2012.
- AquaRipária. Conheça o AquaRipária. Programa com projetos voltados ao estudo das zonas ripárias; 2015. Disponível em: <<http://www.aquariparia.org/index.php/projetos/aquariparia-cnpq>>. Acessado em: 24/11/2015.
- ANA - Agência Nacional de Águas. Avaliação de qualidade - Introdução. Portal da qualidade das águas, 2015a. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/avaliacao.aspx>>. Acessado em: 24/10/15.
- ANA - Agência Nacional de Águas. Rede Nacional – Redes de Monitoramento. Brasília, ANA, 2015b. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/rede-nacional-rede-monitoramento.aspx>>. Acessado em: 14/11/2015.
- ANA - Agência Nacional de Águas. ATLAS Brasil – Abastecimento Urbano de Água. Brasília: ANA, 2010. Disponível em: <<http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/analise/RegiaoMetropolitana.aspx?rme=1>>. Acessado em: 18/11/2015.
- ANA - Agência Nacional de Águas. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: 2013. Brasília: ANA, 2013.
- ANA - Agência Nacional de Águas. Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil. ANA, Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos - SPR. Brasília, 2005.
- ANA - Agência Nacional de Águas. Cuidando das Águas: Soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos. Brasília: ANA, 2011.
- ANA - Agência Nacional de Águas. Programa Nacional de Avaliação da Qualidade da Água - PNQA. Apresentação de slides. Brasília: ANA, 2009. Disponível em: [http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/PUBLICACOES/Workshop%20Aguas%20Urbanas/S2P3\\_Maurrem.pdf](http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/PUBLICACOES/Workshop%20Aguas%20Urbanas/S2P3_Maurrem.pdf); Acessado em: 24/06/2016.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução CONAMA nº 357/2005. Dispõe sobre classificação e enquadramento de corpos d'água. 2005.

Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acessado em: 24/10/15.

BRASIL. Ministério das Cidades. Guia para a elaboração de Planos Municipais de Saneamento Básico. Brasília, Ministério das Cidades, 2011. 2ª edição.

BRAZRURAL – Portal Rural de Brazlândia. INCRA 8. Disponível em: [http://brazrural.com.br/?page\\_id=724](http://brazrural.com.br/?page_id=724); Acessado em: 20/06/2016.

BONNEY R. et al; Next Steps for Citizen Science. Revista SCIENCE; Vol. 343.; Março de 2014.

CAMPOS, C.A. et al. Avaliação da situação da qualidade das águas do Distrito Federal frente às classes de enquadramento propostas. Distrito Federal, Adasa: Brasília, 2015. Disponível em: <[http://www.adasa.df.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1458:04082015-avaliacao-da-situacao-da-qualidade-das-aguas-do-distrito-federal-frente-as-classes-de-enquadramento-propostas&catid=50:noticias-da-adasa&Itemid=244](http://www.adasa.df.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1458:04082015-avaliacao-da-situacao-da-qualidade-das-aguas-do-distrito-federal-frente-as-classes-de-enquadramento-propostas&catid=50:noticias-da-adasa&Itemid=244)>. Acessado em: 17/11/2015.

CARMO, Marciléia Silva do; BOAVENTURA, Geraldo Resende; OLIVEIRA, Edivan Costa. Geoquímica das águas da bacia hidrográfica do Rio Descoberto, Brasília/DF - Brasil. Química Nova, Brasília, v. 28, n. 4, p.565-574, 25 maio 2005.

CETESB. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas, e efluentes líquidos. São Paulo, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB; Brasília, ANA, 2011.

CLEAN ANNAPOLIS RIVER PROJECT – CARP. Annapolis River Guardians. Nova Scotia, Canada, 2015. Disponível em: <<http://www.annapolisriver.ca/riverguardians.php>>. Acessado em: 12/11/2015.

CODEPLAN – Companhia de Planejamento do Distrito Federal. Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios – Brazlândia - PDAD 2015. Governo de Brasília, Secretaria de Planejamento, Orçamento e Gestão, Codeplam; Brasília, 2015. Disponível em: <[http://www.brazlandia.df.gov.br/images/Brazlandia\\_2015.pdf](http://www.brazlandia.df.gov.br/images/Brazlandia_2015.pdf)>. Acessado em: 19/11/2015.

CLIMATE-DATA.ORG. Clima: Brazlândia. Disponível em: <<http://pt.climate-data.org/location/880040/>>. Acessado em: 22/11/2015.

DABLE, Caetano. Cientistas cidadãos. Instituto Ciência Hoje; 2014. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/blogues/bussola/2014/01/cientistas-cidadaos/?searchterm=ci%C3%Aancia%20cidad%C3%A3>>. Acessado em: 09/11/2015.

DISTRITO FEDERAL. Administração Regional de Brazlândia. Conheça Brazlândia RA-IV. Distrito Federal, Brazlândia, 2015. Disponível em: <<http://www.brazlandia.df.gov.br/sobre-a-ra-iv/conheca-brazlandia-ra-iv.html>>. Acessado em: 21/11/2015.

- EBIRD*. Sobre o eBird. Sociedade Audubon e Cornell Lab of Ornithology.2015. Disponível em: <<http://ebird.org/content/brasil/sobre-o-ebird/>>. Acessado em: 08/11/2015.
- ESTADOS UNIDOS. *Environmental Protection Agency* - EPA. Volunteer Monitoring. EPA, 2013. Disponível em: <<http://water.epa.gov/type/watersheds/monitoring/vol.cfm>>. Acessado em: 12/11/2015.
- FALEIROS, Gustavo. Ciência cidadã para democratizar informação ambiental. Artigo em site na internet; Disponível em: <<http://www.oeco.org.br/colunas/gustavo-faleiros/28275-ciencia-cidada-para-democratizar-informacao-ambiental/>>. Acessado em: 08/11/2015.
- FERNANDES, Alexandre Martins. Cromatografia Iônica. Apresentação de slides; Disponível em: <http://www.leb.esalq.usp.br/aulas/lce5702/cromatografia.pdf>; Acessado em: 30/06/2016.
- FERRIGO, Sara. Análise de consistência dos parâmetros do modelo SWAT obtidos por calibração automática – estudo de caso da bacia do lago descoberto - DF. 2014. 147 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2014.
- FIGUEIRÊDO, M. C. B. et. al. Monitoramento comunitário da qualidade da água: uma ferramenta para a gestão participativa dos recursos hídricos no semi-árido. REGA – Vol. 5, no. 1, p. 51-60, 2008. Disponível em: <[https://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/6282363a38d0916a43f619b63db0e631\\_a1ba5e345a413590e1bf6c05b7f492d5.pdf](https://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/6282363a38d0916a43f619b63db0e631_a1ba5e345a413590e1bf6c05b7f492d5.pdf)>. Acessado em: 25/11/2015.
- GLOBAL WATER WATCH– GWW. GOALS. Objetivos da rede GWW. Auburn University, Alabama, 2015. Disponível em: <<http://www.globalwaterwatch.org/what-we-do/goals/#>>. Acessado em: 26/11/2015.
- HENRIQUES, Kenny Rogers da Silva. Detecção de Coliformes Totais e *Escherichia Coli* em água de consumo humano pelo método Colilert. Trabalho disciplinar pelo curso de Engenharia Ambiental; Universidade Estadual da Paraíba – UEPB; Campina Grande, Paraíba, 2010.
- HÜNING, S.M.; Guareschi N.M.F. Psicologia, ciência e as relações de poder. Revista Espaço Acadêmico, nº72, maio, 2007. Disponível em: <<http://www.espacoacademico.com.br/072/72huningguareschi.htm>>. Acessado em: 11/11/2015.
- IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Goiás – Novo Gama: Informações completas. s.d. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/23424>>. Acessado em: 18/11/2015.

- IBRAM - Instituto Brasília Ambiental. Bacias do DF. Distrito Federal; Governo de Brasília, IBRAM; Brasília, 2012. Disponível em: <<http://www.ibram.df.gov.br/informacoes/recursos-hidricos.html>>. Acessado em: 18/11/2015.
- IBERCIVIS. AQUA – Em que consiste? Fundação IBERCIVIS, 2015. Disponível em: <<http://www.ibercivis.pt/>>. Acessado em: 13/11/2015.
- INFOAMAZONIA. Rede de sensores vai monitorar qualidade d'água das comunidades na Amazônia. InfoAmazonia, 2015. Disponível em: <<http://infoamazonia.blogosfera.uol.com.br/2015/02/26/rede-de-sensores-vai-monitorar-qualidade-dagua-das-comunidades-na-amazonia/>>. Acessado em: 13/11/2015.
- IRWIN, Alan. CITIZEN SCIENCE - A study of people, expertise and sustainable development. Edition published in 2002, Taylor & Francis e-Library. 1995.
- KANASHIRO, Victor. Por uma Sociologia do Conhecimento Científico da Questão Ambiental – A Produção Acadêmica Brasileira sobre Desenvolvimento Sustentável e Sustentabilidade: Resultados Preliminares. Revista do Programa de Pós-Graduação em Sociologia da USP, São Paulo, v. 16, n. 1, pp. 175-188, 2009.
- KINVER, M. Volunteers 'vital to science data collection'. Reportagem em canal da BBC News, 2011. Disponível em: <<http://www.bbc.com/news/science-environment-12718287>>. Acessado em: 13/11/2015.
- LUCENA, Roberto Amaro. História de um Novo Gama. Goiás, Prefeitura de Novo Gama, (s.d.). Disponível em: <<http://novogama.go.gov.br/nossa-cidade/historia-de-novo-gama/>>. Acessado em: 18/11/2015.
- OPENSIENTIST. Citizen Science Watches the Waters with the EPA. Open Scientist, 2011. Disponível em: <<http://www.openscientist.org/2011/09/citizen-science-watches-waters-with-epa.html>>. Acessado em: 12/11/2015.
- OPENSIENTIST. Finalizing a Definition of "Citizen Science" and "Citizen Scientists". 2011. Disponível em: <<http://www.openscientist.org/2011/09/finalizing-definition-of-citizen.html>>. Acessado em: 29/10/2015.
- PUBLIC LAB. Mãe d'Água. Explicação sobre o projeto da Rede InfoAmazonia. 2015. Disponível em: <<http://publiclab.org/wiki/mae-d-agua>>. Acessado em: 13/11/2015.
- PIOVESAN, Attila. “O pior inimigo da ciência é seu melhor amigo?”. Artigo em site na internet. Disponível em: <<http://consciencia.ano-zero.com/2014/07/17/o-pior-inimigo-da-ciencia-e-seu-melhor-amigo/>>. Acessado em: 27/10/2015.
- POCOCK, M.J.O.; Chapman, D.S.; Sheppard, L.J.; Roy, H.E. A Strategic Framework to Support the Implementation of Citizen Science for Environmental Monitoring. Centre for Ecology & Hydrology, Wallingford, Oxfordshire, 2014a.
- POCOCK, M.J.O. The citizen science toolbox – a practical guide how and when to use citizen science. Centre for Ecology & Hidrology – CEH, 2014b. Disponível em: <<http://www.ceh.ac.uk/news-and-media/blogs/citizen-science-toolbox-practical-guide-how-and-when-use-citizen-science>>. Acessado em: 10/11/2015.

- REBOUCAS, Fernando. Ciência Cidadã – Pense Green. Gazeta Brazilian News, 2013. Disponível em: <<http://gazanews.com/ciencia-cidada-pense-green/>>. Acessado em: 11/11/2015.
- SANTOS, Maria Eduarda Vaz Moniz dos. CIÊNCIA CIDADÃ. UMA VIA PARA A EDUCAÇÃO CIDADÃ. SCIENCE CITIZENSHIP. A WAY TO CITIZENSHIP EDUCATION. [s.d.]. Disponível em: <[www.nutes.ufrj.br/abrapec/vienpec/CR2/p809.pdf](http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/vienpec/CR2/p809.pdf)>. Acessado em: 25/10/2015.
- SOARES, M. D.; SANTOS, R. D. C. Ciência Cidadã. O envolvimento popular em atividades científicas. Revista Ciência Hoje; Vol. 47; p. 38-43. 2011. Disponível em: <[http://cienciahoje.uol.com.br/revista-ch/2011/281/pdf\\_aberto/cienciacidada281.pdf](http://cienciahoje.uol.com.br/revista-ch/2011/281/pdf_aberto/cienciacidada281.pdf)>. Acessado em: 06/11/2015.
- TOZZINI, L. Daniel. Objetividade e Racionalidade na Filosofia da Ciência de Thomas Kuhn. 111f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Filosofia do Departamento de Filosofia da Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2011.
- VILARDO, Isadora. Pelas abelhas. Instituto Ciência Hoje. Notícia em site na internet. 2014. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/blogues/bussola/2014/07/pelas-abelhas/?searchterm=ci%C3%Aancia%20cidad%C3%A3>>. Acessado em: 09/11/2015.
- WIKIMEDIA COMMON. Distrito Federal RA Brazlândia. Mapa de localização de Brazlândia. 2007. Disponível em: <[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Distrito\\_Federal\\_RA\\_Brazlandia.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Distrito_Federal_RA_Brazlandia.svg)>. Acessado em: 19/11/2015.

# APÊNDICE 1

---

## QUESTIONÁRIO GERAL – ÁGUA DO RIO

*Esse questionário visa avaliar a percepção das pessoas quanto a aspectos relacionados à qualidade da água nos **corpos hídricos**.*

Nome:

Data:                      Hora:

- 1. Indique o nível de importância que você atribui à água em suas atividades do dia-a-dia.**

Nenhuma     Pouca     Razoável     Muita     Essencial

- 2. Qual a sua opinião quanto à qualidade das águas dos rios e córregos próximos em sua cidade?**

Não tenho idéia     Ótima     Boa     Razoável     Ruim

- 3. Você acredita na possibilidade da água dos rios e córregos em sua cidade estar degradada por algumas dessas fontes? (*Pode marcar mais de uma opção*)**

Esgoto doméstico                       Resíduos sólidos (Lixo)                       Resíduos agrícolas                       Resíduos industriais

Outra. Qual? \_\_\_\_\_                       Nenhuma das opções

- 4. Você percebe a importância da atuação do governo na gestão das águas em sua região? Em qual intensidade?**

Não percebo     Sim. Pouca.     Sim. Média.     Sim. Muita

- 5. Em sua opinião, qual a importância da participação da população na gestão das águas em sua região?**

Nenhuma     Pouca     Média     Muita

- 6. Em sua opinião, qual a importância tem a presença de vegetação (árvores, arbustos, mato, etc.) nas margens dos rios e córregos?**

Nenhuma     Pouca     Média     Muita

## APÊNDICE 2

---

### QUESTIONÁRIO MENSAL – ÁGUA DO RIO

Esse questionário visa avaliar a percepção das pessoas quanto a aspectos relacionados à qualidade da água no **corpo hídrico** analisado.

Nome do avaliador:

Rio/ Córrego avaliado:

Local da avaliação:

Data:

Hora:

1. **O rio está aparentando possuir qualidade da água:**  
 Ótima    Boa    Razoável    Ruim    Não percebe
  
2. **As margens do rio estão protegidas pela vegetação? Se sim, em qual intensidade?**  
 Sim, muito.    Sim, razoavelmente.    Sim, pouco.    Não.
  
3. **Nota-se deslizamento ou erosão nas margens? Se sim, em qual intensidade?**  
 Sim, muito.    Sim, razoavelmente.    Sim, pouco.    Não.
  
4. **É possível perceber a utilização da água do rio no local de análise? Quais os usos?**  
(Pode marcar mais de uma opção.)  
 Banho    Beber    Irrigação    Limpeza    Não se percebe uso da água no local  
 Outros. Quais?  

---
  
5. **A água do rio está apresentando cor ou cheiro?** (Pode marcar mais de uma opção.)  
 Cheiro    Cor    Não se percebe nenhuma dessas características
  
6. **A água do rio está turva?** (água turva = água de aparência barrenta, suja)  
 Sim, muito.    Sim, razoavelmente.    Sim, pouco.    Não.
  
7. **Percebe-se lixo nas margens do rio?**  
 Sim, muito.    Sim, razoavelmente.    Sim, pouco.    Não.
  
8. **Percebe-se a presença de libélulas, besouros ou plantas aquáticas no rio ou em suas margens?** (Pode marcar mais de uma opção.)  
 Libélulas    Besouros    Plantas aquáticas    Não se percebe

## APÊNDICE 3

### FICHA DE ANÁLISE DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA

Nome dos alunos:

Rio/ Córrego avaliado:

Ponto de Referência do local:

Data de amostragem:

Hora de amostragem:

#### RESULTADO DAS ANÁLISES PELO KIT

Parâmetro Avaliado	Tempo de reação	Resultado
Oxigênio Dissolvido	(Não se aplica)	(mg/L O <sub>2</sub> )
Amônia (N-NH <sub>3</sub> )	(10 minutos) Início (hh:mm):      Fim (hh:mm):	(mg/L N-NH <sub>3</sub> )
Nitrato (N-NO <sub>3</sub> )	(15 minutos) Início (hh:mm):      Fim (hh:mm):	(mg/L N-NO <sub>3</sub> )
Nitrito (N-NO <sub>2</sub> )	(15 minutos) Início (hh:mm):      Fim (hh:mm):	(mg/L N-NO <sub>2</sub> )
pH	(Não se aplica)	
Turbidez	(Não se aplica)	(NTU)
Coliformes	(15-24 horas) Início (hh:mm):      Fim (hh:mm):	(UFC/100 mL)

#### OBSERVAÇÕES DAS ANÁLISES:

\*Temperatura da água (°C):

## APÊNDICE 4

**ANÁLISE COMPARATIVA DOS ERROS VERIFICADOS EM TODAS AS CAMPANHAS AMOSTRAIS. ERROS GERADOS PELA COMPARAÇÃO ENTRE O MONITORAMENTO REALIZADO PELO KIT DE QUALIDADE DE ÁGUA E O “MONITORAMENTO UNB” (ANÁLISES LABORATORIAIS E POR Sonda MULTIPARÂMETROS).**

Parâmetro	Campanhas de Amostragem				
	07/06/2016 <sup>[1]</sup>	02/04/2016 <sup>[2]</sup>	05/05/2016 <sup>[2]</sup>	02/06/2016 <sup>[2]</sup>	09/06/2016 <sup>[2]</sup>
	Erro Comparativo				
Oxigênio Dissolvido [mg O <sub>2</sub> /L]	20,00%	-38,17%	9,63%	90,73%	10,04%
Amônia [mg N-NH <sub>3</sub> /L]	-	-	-	-	-
Nitrato [mg N-NO <sub>3</sub> /L]	-11,19%	-22,82%	21,95%	12,74%	-3,84%
Nitrito [mg N-NO <sub>2</sub> /L]	0,01 (Erro absoluto)				
pH	0,15%	2,52%	1,69%	7,61%	4,16%
Turbidez [NTU]	Dentro da Faixa	Dentro da faixa	Fora da faixa	Fora da faixa	Dentro da faixa
Coliformes Fecais [NMP/100mL]	33,62%	-	289,29%	-	780%
Coliformes Totais	49,91%	-	Fora da faixa	-	141,26%
Temperatura [°C]	-1,30%	4,12%	0,30%	0,475%	-2,16%

[1] - Análises de referência realizadas pelo pesquisador do projeto.

[2] - Análises realizadas pelos Sentinelas da Bacia.