

Desenvolvimento de um sistema de informações geográficas para aplicações ambientais e de saneamento: SIGAS - UERJ

RESUMO

Luíara Castro de Lana

luiracastro@id.uff.br
<https://orcid.org/0000-0001-8375-5772>
Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

Dayana Martins Nunes

dayana.mnunes@gmail.com
orcid.org/0000-0003-0078-3546
Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

Alfredo Akira Ohnuma Junior

akira@eng.uerj.br
<https://orcid.org/0000-0002-0772-9334>
Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

Sérgio Orlando Antoun Netto

sergio.antoun@eng.uerj.br
<https://orcid.org/0000-0002-0490-3106>
Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

Marcelo Obraczka

obraczka.uerj@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-7322-9223>
Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) têm sido amplamente utilizados no planejamento ambiental, pois permitem incorporar e analisar cenários com grande variedade de informações, de forma integrada e otimizada. Nesse contexto, o Projeto SIGAS-UERJ objetiva desenvolver um SIG com ênfase em aplicações na área de meio ambiente e saneamento, servindo como suporte e ferramenta estratégica para atuação de gestores e técnicos de instituições públicas e privadas. A versão inicial do projeto está sendo prioritariamente desenvolvida visando apresentar o potencial de oferta e demanda de água de reúso para fins industriais não potáveis, na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, considerando como potenciais geradores as Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) e como potenciais consumidores os setores industriais. Este artigo apresenta os objetivos, as etapas metodológicas (das fases de implantação) do projeto SIGAS-UERJ e os resultados preliminares das modelagens geradas a partir do SIG Água de Reúso.

PALAVRAS-CHAVE: Água de reúso. Estação de Tratamento de Esgotos. Sistema de Informações Geográficas. Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

INTRODUÇÃO

Em um mundo cada vez mais digital, a necessidade por informações atualizadas, confiáveis e manejadas de forma sistematizada é essencial em todas as áreas do conhecimento. De caráter interdisciplinar por natureza, a área ambiental abrange inúmeros aspectos, fazendo-se necessária uma gestão que integre todas as variáveis pertinentes a um determinado estudo, cujo aprimoramento pode ser alcançado através da aplicação de *softwares* e Sistemas de Informações Geográficas (SIGs).

As ferramentas que compõem os SIGs melhoram a eficiência e eficácia do tratamento de informações sobre elementos e eventos localizados em regiões geográficas e podem facilitar seu reconhecimento e interpretação visual, inclusive auxiliando na navegação *in loco* para coleta e checagem de dados (Harvey, 2015; Longley, 2015). A redução de custos e prazos em projetos de escalas geográficas variadas também pode ser obtida com o uso de SIGs, uma vez que tal abordagem permite o uso de técnicas de agrupamento de dados multifontes (Teixeira et al., 2005; Moreira et al., 2007).

Há uma gama de atividades na área ambiental que demanda a análise sistêmica de dados espaciais, com base em imagens de satélite e produtos aerofotogramétricos, tais como: (i) monitoramento integrado de recuperação ou conservação de áreas protegidas e de risco; (ii) mapeamento de áreas suscetíveis à processos erosivos; (iii) gerenciamento de bacias hidrográficas, incluindo diagnóstico físico da rede hidrográfica e identificação de áreas susceptíveis a inundação; (iv) avaliação da cobertura e uso do solo; (v) identificação e monitoramento/controle de fontes poluidoras; (vi) variabilidade espacial de parâmetros climáticos; e (vii) potencial de aproveitamento de águas de chuva e de águas de reúso, entre outras.

Entretanto, os dados geográficos disponíveis encontram-se usualmente dispersos em diversas fontes, tornando o seu acesso não somente difícil, como carente de interface com outras informações de interesse, prejudicando o desenvolvimento e a execução de atividades estratégicas como análise, planejamento, elaboração e implantação de projetos e monitoramento.

Diante deste contexto, e considerando que existem diversas interfaces entre as áreas da engenharia ambiental, saneamento, geotecnologias, planejamento urbano e de recursos hídricos que necessitam ser associados e estarem mais disponíveis para análise, a Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), por meio de uma parceria entre os seus departamentos de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente (DESMA) e de Engenharia Cartográfica (CARTO), está em desenvolvimento um Projeto denominado Sistema de Informações Geográficas para aplicações Ambientais e de Saneamento da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (SIGAS-UERJ)

Além de proporcionar maiores subsídios técnicos/científicos para análise, planejamento e tomadas de decisão, a proposta de “centralização” de dados de caráter ambiental e o manejo integrado dessas informações a partir de um SIG facilitará o acesso dos pesquisadores e demais usuários, ajudando a difundir o conhecimento das temáticas envolvidas para outros nichos/grupos de pesquisa, e ainda possibilitando o desenvolvimento de inúmeros projetos e a criação de novas colaborações e parcerias. Cada novo projeto a ser desenvolvido pode gerar e

agregar uma massa considerável de dados que poderão ser utilizados em novas aplicações, e assim sucessivamente, evitando retrabalhos e ampliando o compartilhamento de informações.

A água de reúso pode ser descrita como o uso de águas anteriormente utilizadas, uma ou mais vezes, em diferentes atividades humanas, suprimindo necessidades de outros usos oportunos, incluindo o original (Lavrador Filho, 1987; Pereira et al., 2020). O reúso de água é um dos instrumentos de gestão para se alcançar a segurança hídrica, beneficiando o uso eficiente da água e diminuindo a pressão sobre os corpos hídricos (Leverenz et al., 2011; UN-WATER, 2013; Pereira, 2020).

Cerca de 50% do esgoto gerado no mundo é tratado e somente 11% é reusado de maneira planejada (Jones et al., 2020). No Brasil, esses valores correspondem a 45% de esgoto tratado e 1,5% reusado de maneira planejada, aproximadamente (Santos; Vieira, 2020). Segundo Faria et al. (2021), enquanto o reúso no ambiente corporativo vem sendo crescentemente implementado, notadamente nas grandes indústrias, a utilização de efluente tratado considerando o universo das principais ETEs na RMRJ para atendimento de demandas hídricas é incipiente. Segundo esses autores, menos de 0,5% da vazão total de tratamento é reutilizada. De acordo com o trabalho de Silva Jr e Obraczka (2020), analisando o atendimento de um cluster de 4 Centrais Dosedoras de Concreto no Caju (bairro do Rio de Janeiro), a partir dos efluentes da ETE Alegria, a não utilização de água de reúso se configura como um grande desperdício, tanto pela vazão e qualidade do efluente disponível como pelo cenário de escassez hídrica e elevado custo da água de fontes convencionais na RMRJ.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) refere-se somente à utilização segura de águas residuais para agricultura, assim como a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO). As diretrizes do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) são voltadas para a irrigação de campos de golfe e a recarga de aquíferos (Sanz & Gawlik, 2014).

O reúso da água é praticado na agricultura desde tempos antigos em países como China, Índia e Egito. As primeiras diretrizes e padrões sobre reúso de água apareceram por volta do século XX (Moura et al., 2020). No Brasil, a água de reúso está sendo aplicada em diversas atividades não potáveis, como na agricultura, irrigação paisagística, limpeza urbana, lavagem de veículos e em sanitários nos shopping centers. Entretanto, não há uma legislação específica para água de reúso que garanta qualidade sanitária a nível colimétrico e físico-químico para as diferentes possibilidades de destinação (Moura et al., 2020).

Mais recentemente, porém, devido ao crescente interesse e necessidade, diversos instrumentos institucionais e normativos foram promulgados em vários estados do país, como Ceará, Rio Grande do Sul, Minas Gerais e São Paulo, enfatizando o reúso para fins não potáveis. Em dezembro de 2020, o estado do Rio de Janeiro (ERJ) estabeleceu sua Política Estadual de Reúso para fins não potáveis a partir do Decreto Estadual nº47.403, de 15 de dezembro de 2020 (RIO DE JANEIRO, 2020), com o objetivo de viabilizar e estimular essa prática no ERJ.

O projeto piloto do SIGAS-UERJ está sendo desenvolvido no contexto do aproveitamento de águas de reúso para fins não potáveis, a partir tanto do potencial de geração das Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) quanto do potencial de consumo das indústrias localizadas na Região Metropolitana do Rio

de Janeiro (RMRJ), RJ/Brasil. Os dados utilizados no projeto piloto foram dados de vazão, localização e qualidade tanto fornecida quanto requerida. De forma resumida, o projeto piloto SIGAS-UERJ água de reúso está fundamentado nas seguintes questões:

- a) Cenários atuais e futuros de crise e escassez hídrica e aumento do custo da água de fontes convencionais;
- b) Ausência de investimentos privados pela carência de infraestrutura adequada de saneamento, contribuindo para estagnação econômica em vários cenários na RMRJ e no ERJ;
- c) Aspectos institucionais inovadores: Novo Marco do Saneamento (Lei nº14.026/2020); Política Estadual de Reúso do ERJ (Decreto Estadual nº47.403/2020);
- d) Suporte institucional de instrumentos e colegiados disponíveis, entre eles: o Projeto REGEN (Implementação de Reúso de Efluentes na RMRJ) junto à FAPERJ; o Convênio/Projeto CEDAE REUSA; e o Grupo Intersetorial de Reúso e Biogás do ERJ;
- e) Água de reúso como insumo/alternativa de abastecimento de água mais viável para as empresas e ainda como fonte potencial de novas receitas para as concessionárias de saneamento; e
- f) Redução/maior controle da poluição e melhoria das condições ambientais e da qualidade dos corpos hídricos.

Dessa maneira, o Projeto SIGAS-UERJ servirá num futuro próximo como ferramenta estratégica para suporte aos gestores de instituições públicas e privadas, além de fomentar estudos e pesquisas acadêmicas.

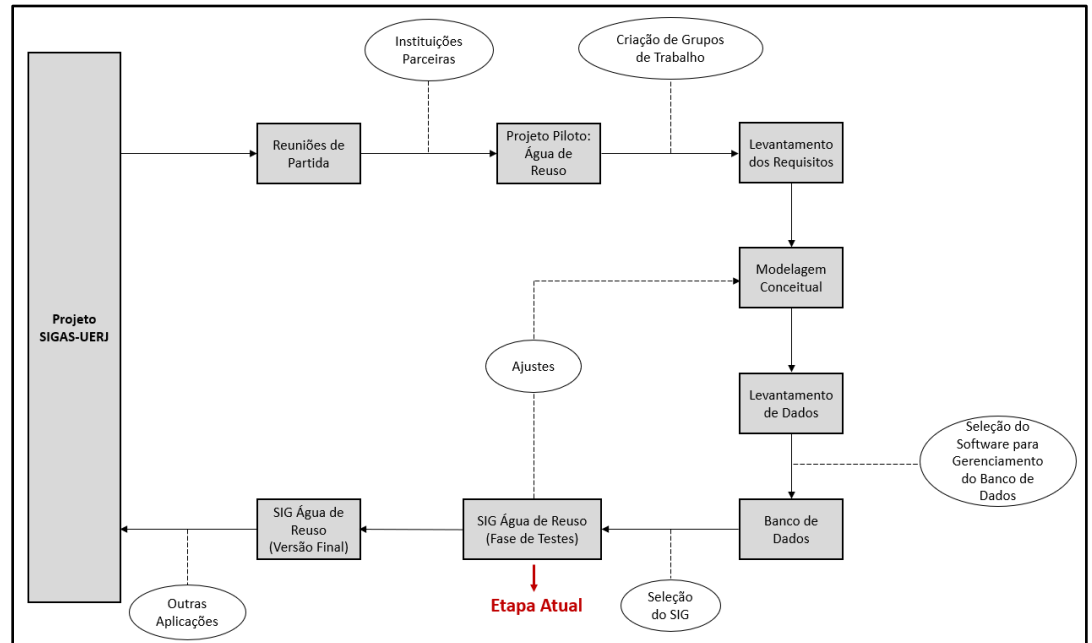
Esse artigo tem por objetivo principal apresentar os produtos resultantes em desenvolvimento de um sistema de informações geográficas, com ênfase em aplicações na área ambiental e de saneamento, quais sejam: o Levantamento de Requisitos, o Diagrama de Conceito da Modelagem de Dados e a Implementação de um dos Requisitos do Sistema.

Vale salientar que não é o escopo deste artigo apresentar a modelagem e a implementação do sistema, apenas alguns produtos gerados em cada fase do desenvolvimento do Projeto. Oportunamente, será desenvolvido um novo manuscrito detalhando a modelagem e a implementação do Sistema.

MÉTODOS

A metodologia adotada para o desenvolvimento do Projeto SIGAS-UERJ e do SIG Água de Reúso consistiu em diversas etapas sequenciais que correspondem às fases de implementação do projeto, como destacado no diagrama da Figura 1.

Figura 1 - Etapas de desenvolvimento do Projeto SIGAS-UERJ e SIG Água de Reúso



Fonte: Autoria própria (2021).

As etapas metodológicas do projeto são descritas sucintamente a seguir:

- a) Reuniões de partida: definição do escopo geral, objetivos e metas do projeto; definição dos parceiros e colaboradores; estruturação da equipe;
- b) Identificações das instituições parceiras instituições parceiras do setor público e privado representadas pelos órgãos ambientais e recursos hídricos como Rio Águas (âmbito municipal), SEAS e INEA (âmbito estadual) e ANA (âmbito federal), concessionárias de saneamento como a CEDAE, Águas do Rio e Águas do Brasil, e prefeituras municipais do Rio de Janeiro e Niterói. Os dados se encontram disponíveis nos bancos de dados e sites oficiais dessas instituições, em relatórios executivos e gerenciais ou em trabalhos técnicos e científicos relacionados ao tema, visando à formalização de convênios e termos de cooperação;
- c) Projeto piloto – Água de Reúso: desenvolvimento de um SIG para avaliar o aproveitamento de água de reúso para fins não potáveis, considerando os potenciais geradores (ETEs) e consumidores (indústrias) localizados na RMRJ;
- d) Criação de grupos de trabalho: formação e definição das responsabilidades e atribuições dos quatro grupos de trabalho, a saber: Planejamento; Elaboração; Construção; Operação;
- e) Desenvolvimento das tarefas pelos grupos de trabalho: as etapas do desenvolvimento das tarefas com respectivos detalhamentos são apresentadas a seguir;
- f) Definição do Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD): o SGBD é um sistema que possibilita o armazenamento, busca e

atualização de informações com o intuito de auxiliar os processos de alguma atividade (Date, 2004);

- g) Banco de Dados: criação e implementação do banco de dados;
- h) Definição do SIG (*software*): Tian (2017) define um SIG como um sistema computacional que possibilita a coleta, processamento, edição, armazenamento, gerenciamento, compartilhamento, análise, modelagem e visualização de conjuntos de dados geográficos espacialmente referenciados para entender as relações espaciais, seus padrões e tendências e a tomada de decisões fundamentadas;
- i) SIG Água de Reúso (Fase de Testes): implementação do SIG Água de Reúso e realização de testes (consultas) com base nos requisitos do sistema. Caso sejam identificadas inconsistências nos resultados, ou resultados insatisfatórios, deve-se retornar à etapa da modelagem conceitual e proceder com os devidos ajustes;
- j) SIG Água de Reúso (Versão Final): deverá atender a todos os requisitos levantados;
- k) Outras aplicações: a arquitetura projetada para o SIG Água de Reúso permitirá o aprimoramento do projeto para novas aplicações, tais como avaliação do potencial de aproveitamento de águas de chuva e lodos de esgoto.

Cumpramos ressaltar que o Projeto se encontra atualmente na fase de implementação utilizando-se a arquitetura integrada de Banco de Dados Objeto-Relacional, qual seja: PostgreSQL 13.0 com extensão espacial pelo PostGIS 3.0.

DESENVOLVIMENTO DAS TAREFAS PELOS GRUPOS DE TRABALHO

A seguir, são apresentadas as atividades desenvolvidas pelos Grupos de Trabalho:

- a) Levantamento dos requisitos: o documento de requisitos é utilizado durante o processo de desenvolvimento de um *software* para documentar o conjunto de funcionalidades que um sistema deve prover, que foram coletados junto aos *stakeholders*. Os Requisitos Funcionais descrevem as funcionalidades do sistema desejadas pelos usuários. Os Requisitos Não Funcionais estão relacionados aos aspectos de qualidade e restrições. Os Requisitos de Interface especificam um item externo com o qual o sistema deve interagir. Por fim, os Requisitos Adiadados consideram que futuramente poderão ser adicionadas novas funcionalidades ao *software*;
- b) Para estabelecer a prioridade dos requisitos foram adotadas as denominações “essencial”, “importante” e “desejável”. Essencial é o requisito sem o qual o sistema não entra em funcionamento. Importante é o requisito sem o qual o sistema entra em funcionamento, mas de forma não satisfatória. Desejável é o requisito que não compromete as funcionalidades básicas do sistema, isto é, o sistema pode funcionar de forma satisfatória sem ele. Vale ressaltar

que maiores esclarecimentos das expressividades e seus respectivos percentuais são apresentados em Oliveira et al. (2022).

- c) Modelagem Conceitual: A modelagem de dados é o mecanismo utilizado para representar um conjunto de requerimentos de informações de negócio. É uma etapa fundamental para a implementação de um sistema de informação. Através da modelagem de dados é possível identificar as operações que deverão ser executadas pelo sistema, bem como as informações e os dados que serão manipulados por ele (Silva, 2011). Na referida modelagem foi utilizado Diagramas de Fluxo de Dados (DFD).

RESULTADOS

Os resultados preliminares referem-se à execução (parcial ou total) das etapas de Levantamento de Requisitos, Modelagem Conceitual e Implementação do Sistema para o projeto piloto do SIGAS: SIG Água de Reúso.

LEVANTAMENTO DE REQUISITOS

Na primeira versão do Documento de Requisitos foram identificados 22 requisitos, sendo 15 (quinze) funcionais, 5 (cinco) não funcionais, 1 (um) de interface e 1 (um) adiado, todos classificados de acordo com o grau de prioridade a eles associados, considerando três níveis: essencial, importante e desejável.

A título de exemplo, no Quadro 1 são apresentados e descritos 6 (seis) requisitos e suas respectivas classificações/grau de prioridade atribuídos.

Quadro 1 - Levantamento de requisitos do SIGAS – UERJ (continua)

Id	Requisito	Tipo	Prioridade
1	O sistema deve permitir a consulta da ETE mais próxima que possa fornecer uma vazão de X m ³ /dia de efluente/água de reúso com parâmetros de sais minerais abaixo da concentração de Y mg/l, atendendo aos limites para água de arrefecimento, visando suprir a demanda identificada de um <i>cluster</i> de 10 empresas situadas numa determinada região do Município do Rio de Janeiro.	Funcional	Essencial
2	O sistema deve permitir a consulta de toda a produção (vazão de tratamento nominal e operacional) de uma determinada ETE que produza distintas tipologias de água de reúso.	Funcional	Essencial
3	O sistema deve permitir a consulta dos potenciais consumidores de água de reúso que possuam ou não possuam outorga de água e que sejam mais viáveis de serem atendidos por caminhão pipa ou adutora, considerando aspectos como distância e demanda.	Funcional	Essencial

Quadro 1 - Levantamento de requisitos do SIGAS – UERJ (conclusão)

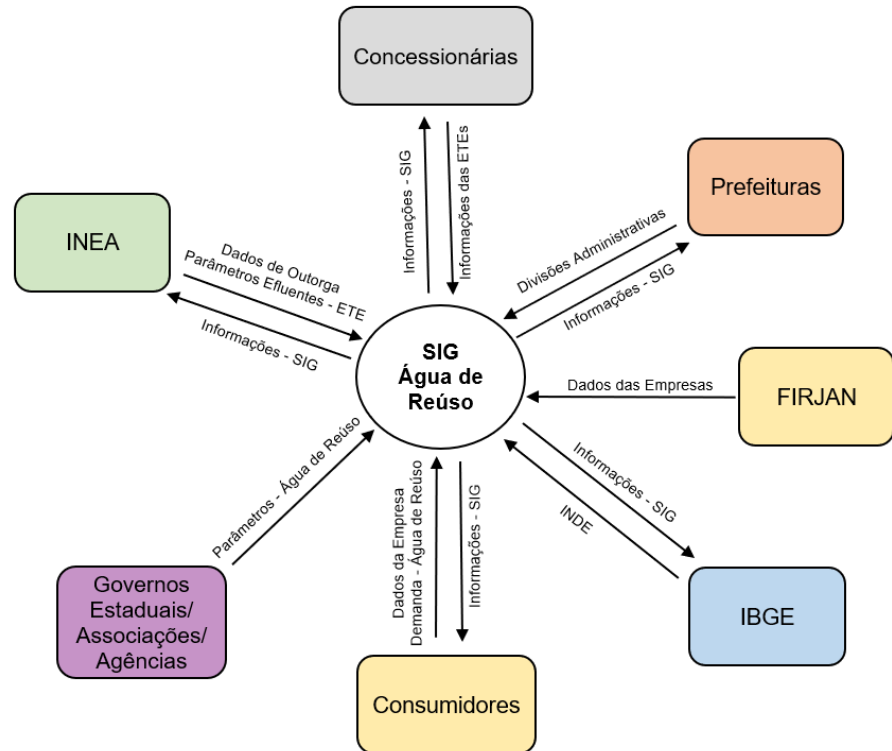
Id	Requisito	Tipo	Prioridade
4	O SGBD usado na implantação será o PostgreSQL 13.0 com extensão espacial pelo PostGIS 3.0. Os serviços de WMS e WFS usarão Geoserver 2.19. O serviço http usará node 12.15. Já o plugin criado será compatível com versões do QGIS 3.16 ou superior. O escopo do projeto é muito amplo para definirmos uma única linguagem de programação. O Python 3 é mais adequado para o desenvolvimento de plugins no QGIS (e no ArcGIS, futuramente). Para aplicações de mapas na web teremos muito Javascript executando no front-end, mas poderemos requerer Java, C++, Python ou PHP a depender do desdobramento do desenvolvimento.	Não funcional	Importante
5	O sistema deverá integrar camadas de informações utilizadas com padrões e normas preconizadas pela Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (EDGV) da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), compatível com sistemas como o do IBGE. (ET-EDGV 3.0, 2017)	Interface	Essencial
6	A arquitetura do sistema será projetada de modo que futuramente poderão ser adicionadas novas funcionalidades, além do reúso de água/efluentes tratados para fins industriais, não potáveis, tais como: sistemas de amortecimento e aproveitamento de água de chuva, reúso de lodos de ETAs e ETEs, análise de riscos de desastres ambientais etc. que serão projetados na forma de plugins adicionais.	Adiado	Importante

Fonte: A autoria própria (2021).

MODELAGEM CONCEITUAL DO SIGAS – ÁGUA DE REÚSO

A Figura 2 apresenta o Diagrama de Contexto, um dos produtos da etapa da modelagem conceitual (de processos) do sistema, o qual representa como se dará o fluxo de informações entre o SIGAS Água de Reúso e as instituições. As setas partindo das instituições (Concessionárias, Prefeituras, INEA, etc.) para o SIGAS Água de Reúso destacam os fluxos de dados necessários para alimentação e implantação do sistema, enquanto no sentido contrário, elas representam as informações que o SIG, por sua vez, será capaz de fornecer às instituições, como mapas, planilhas/tabelas e relatórios.

Figura 2 - Diagrama de Contexto do Projeto SIGAS-UERJ, com foco em Água de Reúso (SIG Água de Reúso)



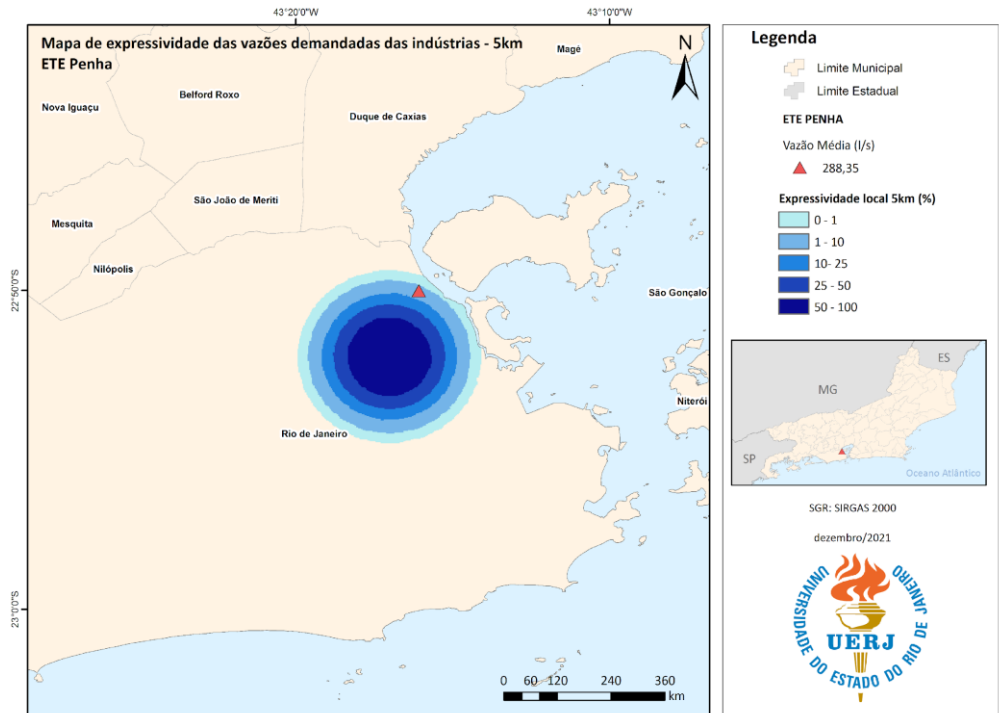
Fonte: Autoria própria (2021).

IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO SIGAS-UERJ COM FOCO EM ÁGUA DE REÚSO (SIG ÁGUA DE REÚSO)

As Figuras 3, 4 e 5 apresentam graficamente a implementação de um dos requisitos funcionais adotados como essencial, definido como: “Consumidores potenciais abrangidos em raio de X km de uma ETE”. Para tal, foram realizadas análises de expressividade das indústrias existentes nos raios de abrangência no entorno de cada ETE. Os cálculos de expressividade consideram a razão entre a vazão demandada pela indústria e o somatório de vazões demandadas por todas as indústrias na região de análise, em conformidade com Oliveira et al. (2022).

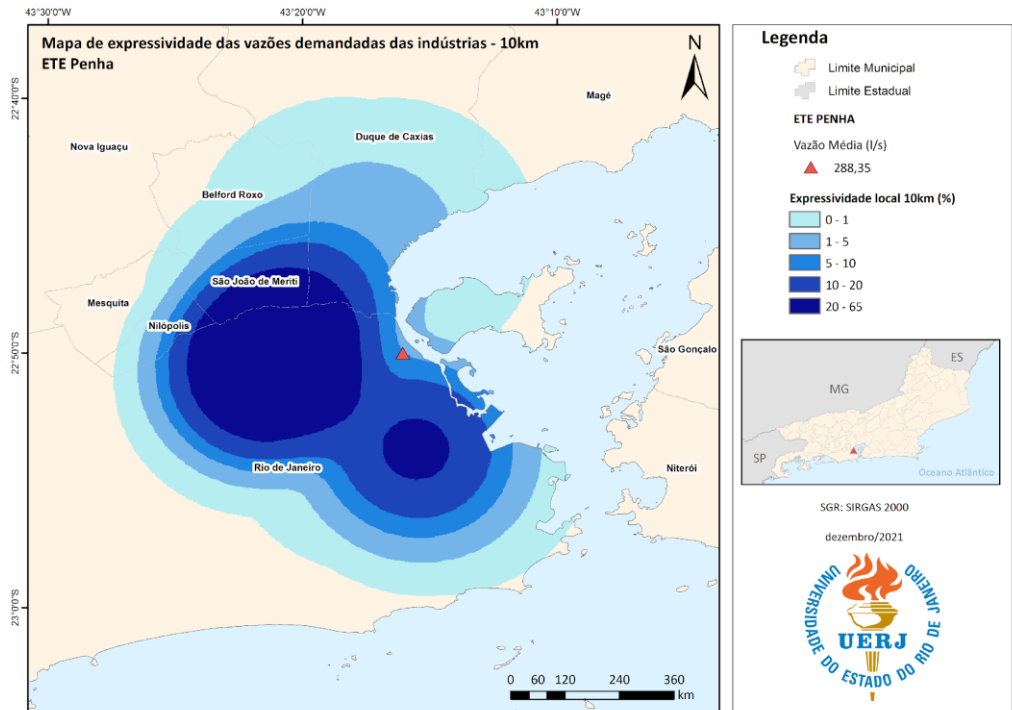
No presente caso, os resultados refletem uma modelagem considerando somente as empresas do Setor de Transformação (potenciais consumidores de água de reúso), e que dispõem de outorga de direito de uso de recursos hídricos, situadas em um raio máximo de 5, 10 e 20 km a partir da ETE Penha (potencial fornecedor de água de reúso), situada no bairro da Penha/RJ.

Figura 3: Expressividade das indústrias do setor de transformação situadas a 5Km da ETE Penha



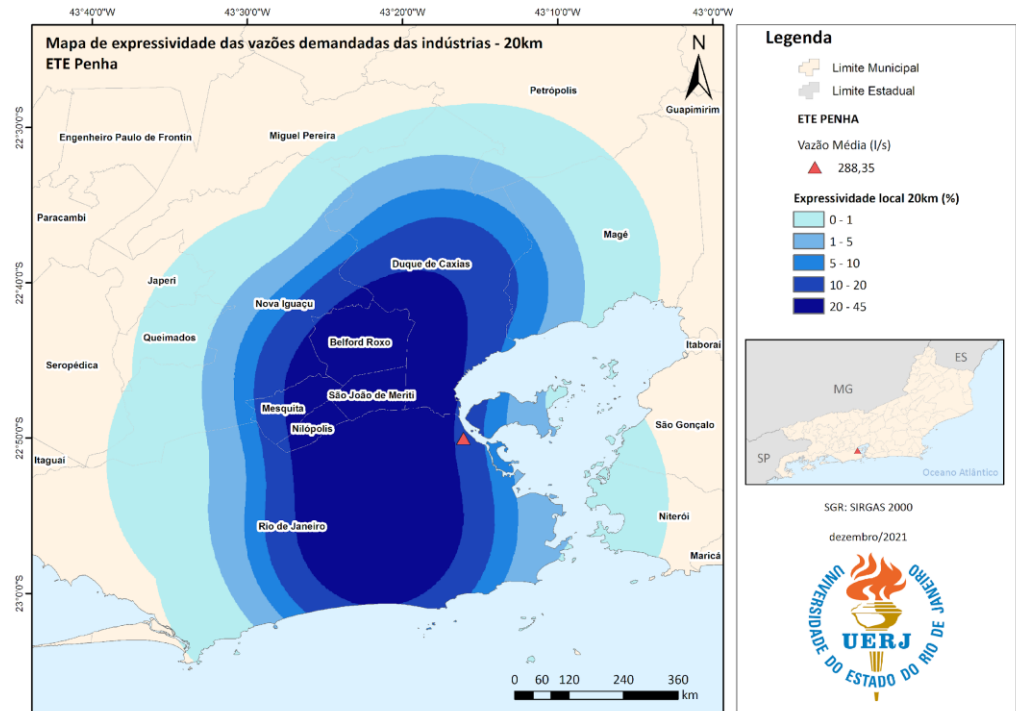
Fonte: Oliveira et al. (2022).

Figura 4: Expressividade das indústrias do setor de transformação situadas a 10 Km da ETE Penha



Fonte: Oliveira et al. (2022).

Figura 5: Expressividade das indústrias do setor de transformação situadas a 20 Km da ETE Penha



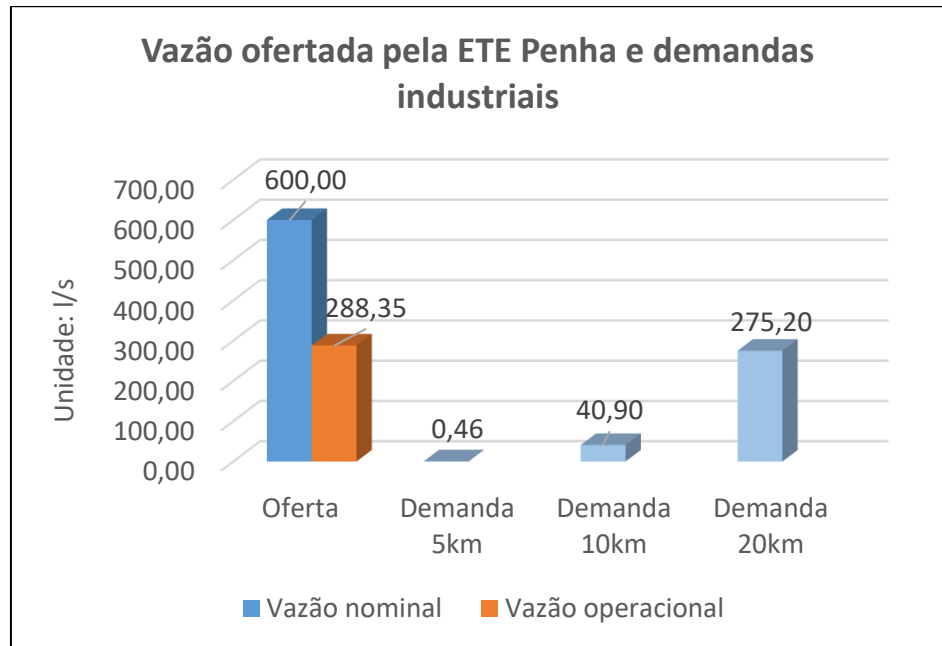
Fonte: Oliveira et al. (2022).

A partir da análise da Figura 3, é possível notar que para o menor raio de abrangência, de 5 km, a mancha de expressividade das indústrias (em termos de vazão) restringe-se apenas ao município do Rio de Janeiro. Para o raio de 10 km (Figura 4), a mancha de expressividade engloba também os municípios de São João de Meriti e Nilópolis.

Por fim, para o raio de 20km (Figura 5), a área considerada foi ainda mais abrangente e compreendeu diversos municípios da Região Metropolitana Fluminense, sendo os que estiveram em áreas de maior expressividade industrial foram: Belford Roxo, Duque de Caxias, Mesquita, Nilópolis, Rio de Janeiro, São João de Meriti.

Os percentuais das classes de expressividade das indústrias (relacionadas à vazão demanda) diminuíram com o aumento do raio de abrangência no entorno da ETE, demonstrando uma demanda mais bem distribuída entre as indústrias analisadas na área de interesse. Por exemplo, para o raio de 5km, a última classe de expressividade varia de 50 a 100%, enquanto que, para o raio de 20km, a última classe varia de 20 a 45%. Com isso, nota-se que o aumento do raio da ETE representa uma diminuição na expressividade isolada de um potencial consumidor de água de reúso, pois aumenta a quantidade de indústrias no somatório das vazões demandadas. De forma complementar aos resultados de expressividades das indústrias existentes no entorno da ETE Penha, também foi elaborado o gráfico presente na Figura 6, que apresenta o potencial de oferta de água de reúso pela ETE Penha (vazão nominal e operacional) bem como as demandas potenciais das indústrias, considerando os raios de 5, 10 e 20 km (Oliveira et al., 2022)

Figura 6: Gráfico do potencial de oferta e demanda de água de reúso no entorno da ETE Penha, considerando os raios de 5, 10 e 20 km



Fonte: Autoria própria (2022).

Observa-se que o aumento dos raios de abrangência se reflete no aumento da demanda industrial outorgada, ou seja, aumento do número de indústrias e, conseqüentemente, do mercado potencial para consumo da água de reúso. Além disso, para todos os cenários apresentados na Figura 6, a ETE Penha seria capaz de atender totalmente às demandas industriais. Cabe destacar que tais resultados se baseiam tão somente em estimativas de oferta e demanda atuais, para fins de comparação e análise da disponibilidade hídrica e potencialidade do emprego de água de reúso, de acordo com os objetivos e a metodologia estabelecidos pela pesquisa.

DISCUSSÃO

Devido a quantidade de informações existentes e a necessidade de atualização de dados, sejam dados de projeto ou analíticos, os setores relacionados ao saneamento básico possuem uma grande aplicabilidade em banco de dados SIG (De Chiara, 2011).

Em função da escassez hídrica a água de reúso vem sendo abordada como um instrumento de gestão de recursos hídricos. A extensa necessidade de informações envolvendo o tema demonstra a potencialidade de um SIG desenvolvido para atender as demandas geradas. Para Fukasawa & Mierzwa (2020) a utilização de SIG em conjuntos de dados de limites diferentes, permitem a sobreposição de informações como, por exemplo, a análise de água de reúso considerando um conjunto de sub-bacias hidrográficas abrangidas por uma grande bacia hidrográfica.

A necessidade de análises quantitativas, qualitativas e de distanciamento permeiam o tema água de reúso. A utilização de *softwares* SIG vem sendo comumente adotado, principalmente para análises espaciais, considerando

aspectos relacionados entre o fornecedor e o consumidor dessa água de reúso. O trabalho desenvolvido pela CNI (2017) realizou a inserção de dados de outorgas de captação na Região Metropolitana de São Paulo, para identificação de áreas mais representativas de potenciais consumidores de água de reúso.

O projeto SIGAS-UERJ trata, inicialmente considerando o reúso de água, aspectos não apenas relativos a dados geográficos de interesse, que envolvam, como atualmente encontra-se, análises voltadas para localizações. Porém, apresenta uma abordagem integrativa de resultados que envolvam todos os aspectos relacionados, buscando de maneira ampla conceitos de qualidade da água, quantidade de água ofertada e requerida e o distanciamento envolvendo as partes de interesse.

A exemplificação trazida neste trabalho a respeito da potencialidade do projeto desenvolvido demonstra os resultados iniciais, que realizam uma análise quantitativa de demanda de água de reúso por diferentes indústrias e trata também da relação espacial entre um fornecedor e um possível consumidor desse mecanismo de gestão de recursos hídricos.

A análise realizada para a ETE Penha pode ser desenvolvida para outras ETEs e demonstra a potencialidade que existe dentro da RMRJ para fornecimento de água de reúso, representando assim benefícios econômicos, ambientais e redução da pressão sobre os corpos hídricos, sobretudo em situação de escassez hídrica.

CONCLUSÕES

O desenvolvimento de um Sistema de informações Geográficas com ênfase em aplicações nas áreas de saneamento e meio ambiente pode proporcionar a integração e georreferenciamento das informações de interesse. O Projeto SIGAS-UERJ já deu início a geração de produtos para subsidiar o desenvolvimento e execução de atividades estratégicas como análise, planejamento, elaboração e implantação de projetos e monitoramento de interesse da engenharia ambiental, saneamento, planejamento urbano e de recursos hídricos.

Baseado na atual problemática da escassez de água e a crescente busca pela segurança hídrica e considerando ainda as prioridades e demandas institucionais do governo estadual, o projeto piloto SIG Água de Reúso está sendo desenvolvido, como ponto de partida do SIGAS com o objetivo de avaliar o potencial e indicar oportunidades de reúso na Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

Portanto, nessa sua fase inicial, o Projeto SIGAS-UERJ vem sendo estruturado como uma ferramenta capaz de auxiliar e nortear a atuação de técnicos e gestores de recursos hídricos, uma vez que será facilitada a realização de uma gama de análises sistêmicas a partir da integração desses distintos dados, provenientes de fontes também distintas, proporcionando por exemplo a definição de áreas prioritárias em políticas públicas de desenvolvimento econômico, uso e ocupação do solo, saneamento e recursos hídricos. Essa ferramenta já foi empregada na publicação recente de um livro (Oliveira et al., 2022), fruto de uma parceria entre pesquisadores e acadêmicos da UERJ e técnicos do INEA e da SEAS.

Além de apresentar o escopo geral e o estágio de desenvolvimento do Projeto SIGAS-UERJ, o presente trabalho representa uma contribuição metodológica, com

a caracterização das etapas de implementação do projeto, que pode ser adotada por outras instituições interessadas em desenvolver estudos similares.

Por fim, a arquitetura projetada para o SIG Água de Reúso permitirá o aprimoramento do projeto para novas aplicações, tais como avaliação do potencial de aproveitamento de águas de chuva e lodos de esgoto.

Development of a geographic information system for environmental and sanitation applications: SIGAS - UERJ

ABSTRACT

Geographic Information Systems (GIS) have been widely used in environmental planning, as they allow the incorporation and analysis of scenarios with a great variety of information, in an integrated and optimized way. In this context, the SIGAS-UERJ Project aims to develop a GIS with an emphasis on applications in the area of environment and sanitation, serving as a support and strategic tool for the performance of managers and technicians from public and private institutions. The initial version of the project is being developed primarily in order to present the potential supply and demand of reused water for non-potable industrial purposes, in the Metropolitan Region of Rio de Janeiro, considering the Sewage Treatment Stations (STPs) as potential generators and the industrial sectors as potential consumers. This article presents the objectives, the methodological steps (implementation phases) of the SIGAS-UERJ project and the preliminary results of the modeling generated from the GIS of Reuse water.

KEYWORDS: Reuse water. Sewage Treatment Plants. Geographic Information System. Metropolitan Region of Rio de Janeiro.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem aos demais integrantes da equipe técnica do projeto SIGAS/UERJ - Christine Dutra, Gabriel Mendes de Paula, Irving Badolato, João Bosco de Azevedo, Kelly de Oliveira, Laís Almeida da Costa Pessanha, Leonardo Vieira Barbalho, Nyelsen Fernandes de Oliveira e Sonia Maria Lima Silva - pela contribuição que vem sendo prestada para o desenvolvimento do projeto, gerando conhecimento que foi aplicado na elaboração desta publicação.

REFERÊNCIAS

CASTILHO, C.P.; OLIVEIRA, L.H. Avaliação durante operação de sistemas de água não potável em edifícios residenciais. **Ambiente Construído**, v. 18, n. 1, p. 409-421, 2018. <http://doi.org/10.1590/s1678-86212018000100229>.

CNI - Confederação Nacional da Indústria. Reúso de efluentes: metodologia para análise do potencial do uso de efluentes tratados para abastecimento industrial. CNI, Brasília, 2017.

DATE, C. J. **Introdução a Sistemas de Banco de Dados**. 8 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 896p., 2004.

DE CHIARA, C. T. GIS e modelagem - gerenciando o sistema de coleta e transporte de esgoto. In: TSUTIYA, M. T.; SOBRINHO, P. A. (org.). **Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário**. Rio de Janeiro: ABES, p. 548, 2011.

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS PARA ESTRUTURAÇÃO DE DADOS GEOESPACIAIS VETORIAIS (ET-EDGV 3.0), 2017.

FARIA A. A. OBRACZKA M. SILVA JR L. C. S. DA, OHNUMA A.A. JR DE OLIVEIRA K. e MURICY B. C. Avaliação Quantitativa do Potencial de Reúso Industrial a Partir dos Efluentes de Quatro Estações de Tratamento de Esgoto na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, Brasil **Revista S&G** Volume 16, Número 2, pp. 196-213, 2021. [DOI: 10.20985/1980-5160.2021.v16n2.1727](https://doi.org/10.20985/1980-5160.2021.v16n2.1727)

FARIA A. A., OBRACZKA M., SILVA JR L. C. S. DA, MURICY B. C., DE OLIVEIRA K., e MONTEIRO, A. C Avaliação do Potencial de Reúso Industrial de Água na Região Metropolitana do Rio de Janeiro **Revista Internacional de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 02, p. 276 - 295, e-ISSN 2316-7041, mai-ago 2021. [DOI: 10.12957/ric.2021.55692](https://doi.org/10.12957/ric.2021.55692).

FUKASAWA, Bruno Nogueira; MIERZWA, José Carlos . **Identification of water reuse potential in Metropolitan Regions using the Analytic Hierarchy Process. Environmental and Sustainability Indicators**, v.8., 2020 <https://doi.org/10.1016/j.indic.2020.100064>

HARVEY, F.A. **Primer of GIS: Fundamental Geographic and Cartographic Concepts**, Nova Iorque: The Guilford Press, 360 p., 2015.

JONES, E., VAN VLIET, M. T. H., QADIR, M., and BIERKENS, M. F. P. . Country-level and gridded wastewater production, collection, treatment and re-use, **PANGAEA**, 2020. <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.918731>

LAVRADOR FILHO, J. **Contribuição para o entendimento do reúso planejado de água e algumas considerações sobre a suas possibilidades no Brasil**. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.

LEVERENZ, H.L.;TCHOBANOGLIOUS, G.; ASANO, T. Direct Potable Reuse: A Future Imperative. **Journal of Water Reuse and Desalination**, v. 1, n. 1, p. 2-10. 2011. <https://doi.org/10.2166/wrd.2011.000>

LONGLEY, P.A. , GOODCHILD M. F., MAGUIRE D. J.,RHIND D. W. **Geographic Information Science & Systems** . Hoboken: Wiley, 496 p., 2015.

MOREIRA,M.L.O.; COSTA, H.F.; MEDEIROS, L.C. . Integração de dados multifontes para mapeamentos temáticos. **Revista Geográfica Acadêmica**, v.1, n.1, p. 28-36, 2007.

MOURA, P.G.,ARANHA F.N., HANDAM N. B. ,MARTIN L. E. , SALLES M. J. ,CARVAJAL E. ,JARDIM R. , SOTERO-MARTINSET A. Água de reúso: uma alternativa sustentável para o Brasil. **Eng Sanit Ambient** v.25 n.6 págs 791-808, 2020. <https://doi.org/10.1590/S1413-4152202020180201>

OLIVEIRA, M. C. S. ; SOUZA, N. F. ; RIBEIRO, G. S. B. S. ; ROMANO, L. S. E. ; NUNES, D. M. ; LANA, L. C. ; SANTOS, A. S. P. ; OBRACZKA, M. ; BADOLATO, I. S. ; ANTOUN NETTO, S. O. ; SILVA, S. M. L. ; OLIVEIRA, V. B. **Panorama Geral das oportunidades de reúso para fins industriais no Estado do Rio de Janeiro a partir dos efluentes de estações de tratamento de esgotos**. 1. ed. Rio de Janeiro: INEA, v. 1. 102p, 2022.

PEREIRA, V. R.; RODRIGUEZ, D.A.; COUTINHO, S.M.V.; SANTOS, D.V.; MARENGO, J.A. **Oportunidades de adaptação para a segurança hídrica no Brasil** v.11 n.3 págs 106-121, 2020. [doi:10.18472/SustDeb.v11n3.2020.33858](https://doi.org/10.18472/SustDeb.v11n3.2020.33858)

RIO DE JANEIRO. Decreto no 47.403, de 15 de dezembro de 2020. Dispõe sobre a política de reúso de água para fins não potáveis no âmbito do Estado do Rio De Janeiro. Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, n. 232, p. 01-02, 16 dez. 2020, pt. 1.

SANZ, L.A.; GAWLIK, B.M. **Water Reuse in Europe**. Europa: European Commission, 2014.

SANTOS A. S. P., VIEIRA J. M. P. Reúso de água para o desenvolvimento sustentável: aspectos de regulamentação no Brasil e em Portugal. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)**, v. 8, n. 1, p. 50-68 –ISSN: 2317-563X50, 2020.

SCARPA, F.; MEGERSA, D.D.; KARIMI, S.; MELES, D.B. Reuse of Water: Methods to diminish non-biodegradable organic compounds. **WWT Project Wort**, KTH, 2011.

SILVA, R. E.S. da . **Projeto de Banco de Dados Relacional**. Universidade Aberta do Brasil -Instituto Federal Sul-rio-grandense, 2011.

SILVA Jr, L.C e OBRACZKA, M. 2020 Reúso de Efluentes de Estações de Tratamento de Esgoto no Beneficiamento de Concreto. **Revista Mix Sustentável**. Florianópolis v.6 n.4 p.85-92 ago. 2020.

TEIXEIRA, A.A.; SILVA, A.M.; PIRES, A.C.B.; MORAES, R.A.;SOUZA FILHO, C.R. **Aplicação de técnicas de processamento digital de imagem em dados multifontes e sua relevância para integração de dados e seleção de áreas potenciais para exploração mineral**. Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, p. 1915-1922.,2005.

TIAN, B. **GIS technology applications in environmental and Earth Sciences**. Flórida: CRC Press, 258 p., 2017.

UN-WATER, . **Water Security and the Global Water Agenda: A UN-Water Analytical Brief**. UN University, Hamilton, ON., 2013 Disponível em < <https://www.unwater.org/publications/water-security-global-water-agenda/> >. Acesso em 10 de outubro de 2021.

Recebido: 03 dez. 2021

Aprovado: 03 jan. 2023

DOI: 10.3895/rbgeo.v10n4.15002

Como citar: LANA, L. C.; NUNES, D. M.; OHNUMA JUNIOR, A. A.; ANTOUN NETTO, S. O.; OBRACZKA, M.. Desenvolvimento de um sistema de informações geográficas para aplicações ambientais e de saneamento: SIGAS - UERJ. **R. bras. Geom.**, Curitiba, v. 10, n. 4, p. 260-278, out./dez. 2022. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbgeo>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Sérgio Orlando Antoun Netto

Rua São Francisco Xavier, 524, sala 4031B, Maracanã, Rio de Janeiro – RJ – Cep 20550-900, Brasil.

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

