



## **CIDADE, ÁGUAS E AMBIENTE: INOVAÇÃO, EFICIÊNCIA E SUSTENTABILIDADE DOS SISTEMAS URBANOS DE SANEAMENTO AMBIENTAL**

**William Michel de Moura Romanholi** – romanholi@poli.ufrj.br

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica

Endereço

Avenida Athos da Silveira Ramos, 149 - Cidade Universitária, CEP: 21941-909

Rio de Janeiro – RJ.

**Felipe Marques** – castro-fcpm@poli.ufrj.br

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica

Endereço

Avenida Athos da Silveira Ramos, 149 - Cidade Universitária, CEP: 21941-909

Rio de Janeiro – RJ.

**Isabela Marra** – isabelamarra@poli.ufrj.br

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica

Endereço

Avenida Athos da Silveira Ramos, 149 - Cidade Universitária, CEP: 21941-909

Rio de Janeiro – RJ.

**Resumo:** *Este trabalho é fruto do projeto de extensão “Cidade, Águas e Ambiente” da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), que tem por objetivos dotar a rede de saneamento ambiental urbano da Cidade Universitária de Sistemas eficientes, inovadores e sustentáveis atuando em quatro vertentes de trabalho: Tratamento de água; Esgotamento Sanitário; Resíduos Sólidos; Drenagem Urbana. Cada uma dessas vertentes conta com uma equipe própria de alunos orientada por um professor especialista no assunto, que juntos desenvolveram iniciativas, estudos e projetos que buscavam contribuir com a evolução da tecnologia e sistemas sustentáveis à medida que promove a educação através de uma plataforma inédita de ensino, a Extensão Inovadora que conjuga Ensino, Pesquisa e Extensão em uma Plataforma que tem como meta um retorno direto para a Sociedade.*

**Palavras-chave:** *Saneamento Ambiental; Extensão; Engenharia.*



## 1. INTRODUÇÃO

O projeto “*Cidade Universitária, Águas e Ambiente*” tem por objetivo dotar a infraestrutura de saneamento ambiental urbano da Cidade Universitária da UFRJ com sistemas de engenharia eficientes, tecnologicamente inovadores e sustentáveis à medida que promove um ambiente de aprendizado diferenciado através de uma abordagem pedagógica inédita, a extensão Inovadora, que reconcilia Ensino, Pesquisa e Extensão em uma única e densa plataforma de aprendizagem.

As atividades de pesquisa visam o fomento de novas tecnologias nesta área, que serão desenvolvidas e testadas em escala piloto no Centro Experimental de Saneamento Ambiental (CESA-UFRJ), para sua posterior e concreta implementação em escala real na Cidade Universitária da UFRJ. Desta forma, o projeto adquire relevância social à medida que rompe as fronteiras da academia em dois sentidos, levando demandas reais da sociedade para dentro da universidade, bem como disseminando e aplicando o conhecimento acadêmico para uso e fruto da sociedade.

Neste sentido, as ações em escala real caracterizam-se também pela inovação no emprego de tecnologia já ofertada pela indústria, mas que ainda carecem de experiências operacionais consistentes, devidamente controladas e monitoradas. Por outro lado, a aplicação em escala piloto terá como forte característica o aprimoramento de tecnologias já desenvolvidas, mas que ainda não são ofertadas pela indústria. Em ambos os casos, caberá ao segmento de pesquisa operar, monitorar e manter os produtos empregados e desenvolvidos, reportando ao seu término os resultados obtidos, de modo a suprir ambas as demandas.

Ressalta-se que o projeto não é limitado ao desenvolvimento tecnológico de um único produto ou processo, bem como não é dedicado exclusivamente a apenas uma das subáreas convencionais da engenharia sanitária, como fazem projetos de pesquisa usualmente propostos, mas atua em todos os quatro pilares básicos do Saneamento Ambiental, a saber: Sistemas Urbanos de Abastecimento de Água, Esgotamento Sanitário Urbano, Manejo De Águas Pluviais e Resíduos Sólidos Urbanos.

Abarcando uma população flutuante superior a 30 mil habitantes/dia a Cidade Universitária, e, por conseguinte, o Projeto adquire dimensões e responsabilidades comparáveis às de uma cidade pequena, portanto a motivação para a adoção das quatro frentes de atuação do projeto é concreta e baseiam-se nas demandas reais apresentadas na Cidade Universitária, que possui infraestrutura, deficiências estruturais e gerenciais similares aos sistemas de cidades deste porte, tornando-se, desta forma, uma valiosa e verossímil plataforma de ensino raramente igualada ou superada nas universidades.

Tendo por base o conceito de eficiência, definido pela otimização do processo de conversão de recursos em resultados, nosso projeto visa aplicar inovações aos sistemas urbanos de saneamento ambiental de modo a favorecer tal relação de conversão, direcionando o projeto para um conceito mais amplo de sustentabilidade, que é o foco central de nosso projeto.

Buscando sempre uma melhor eficiência dos sistemas de saneamento ambiental como plataforma para atingir a sustentabilidade, selecionamos quatro ações em curso do Projeto, cada uma referente a um Pilar do Saneamento Básico, para que sejam aqui apresentadas tanto quanto as limitações de páginas impostas no edital nos permitam. São elas:



- (1) Recuperação de materiais a partir dos esgotos sanitários;
- (2) O controle de perdas nos sistemas de abastecimento de água;
- (3) Proposta de solução de engenharia em drenagem urbana;
- (4) A geração de energia a partir de resíduos sólidos urbanos.

Acreditamos que através destas idéias e projetos propostos, possamos lançar as bases de uma pioneira abordagem no ensino superior e contribuir na agenda de sustentabilidade do nosso País.

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1. Saneamento: Recuperação de materiais a partir dos esgotos sanitários

**Introdução:** Em relação ao pilar do esgotamento sanitário, o nosso projeto está desenvolvendo um reator a ser abastecido com a parcialmente com lodo proveniente do digestor anaeróbico (etapa de tratamento de esgotamento sanitário), onde haverá um processo químico, gerando um precipitado cristalino, a estruvita. Esse processo é interessante, pois a estruvita é uma fonte rica em fósforo, um nutriente fundamental para a produção de alimentos. Entretanto, este nutriente possui uma interação intensa com a superfície dos minerais, o que diminui sua mobilidade no solo dificultando e sua posterior absorção pelas plantas. Sendo assim, torna-se necessário uma aplicação deste nutriente acima da capacidade de absorção das culturas, resultando em sua elevada concentração nos fertilizantes. (PAGANINI, 1997) (U. S. GEOLOGICAL SURVEY, 2012) (XAVIER, LUCIANO DIAS, 2012)

De acordo com RITTMANN et al. (2011), os preços dos fertilizantes a base de fósforo estão crescendo abruptamente no mercado global, ao passo que a demanda mundial aumenta e as reservas diminuem com o tempo. Países em desenvolvimento acabam por sofrer ainda mais com a elevação do preço dos fertilizantes devido ao fato destes representarem a maior fração de custo na produção de alimentos.

**Objetivos:** O objetivo principal desse trabalho é desenvolver um mecanismo de recuperação de estruvita em escala piloto no CESA-UFRJ, do que até agora só está sendo feito em escala de bancada, com a diferença de buscar como fonte de agitação para a reação, à própria força mecânica dos reagentes ao entrarem no reator.

**Metodologia:** O projeto na escala piloto está em andamento no CESA-UFRJ onde está para ser instalado um reator de acrílico de 1,45 m de altura, se dividindo em um cilindro de 15 cm localizado abaixo de um tronco cônico com altura de 1,30 m. Após a instalação do reator serão colocados registros em todas as suas entradas/saídas, para que ao iniciar o processo não se tenha vazamento por as quais não estão sendo utilizadas.

Na sequência serão instaladas as bombas as quais iram injetar a quantidade desejada da solução de  $MgCl_2$  e da solução de  $NaOH$ . A entrada do sobrenadante da digestão anaeróbia de lodo de esgoto sanitário será instalada diretamente dá saída do digestor, não possuindo bomba, a fim da velocidade de entrada desta substância (que variará de acordo com a altura no qual será instalada) ditar a velocidade de bombeamento dos reagentes para dentro do reator. (XAVIER, LUCIANO DIAS, 2012).

A parte prática do projeto consiste em realizar esse processo, alternando todas as combinações de entradas e saídas não similares, tanto da entrada de lodo, quanto das bombas, medindo a quantidade de estruvita produzida por cada diferente combinação. Primeiramente faremos isso sem a presença do mineral no meio, em seguida fazemos em sua presença, o que em teoria aumentaria a produção de estruvita, pois a sua presença instalaria uma tendência desta reação.

Depois disso, repetiremos todas as combinações de entradas e saídas, porém agora usando oxigênio comprimido para movimentar os reagentes dentro do reator, a fim de observarmos uma diferença na produção de estruvita devido unicamente a movimentação dos elementos causada pela nova força de entrada dos reagentes.



Foto 1: Reator de estruvita

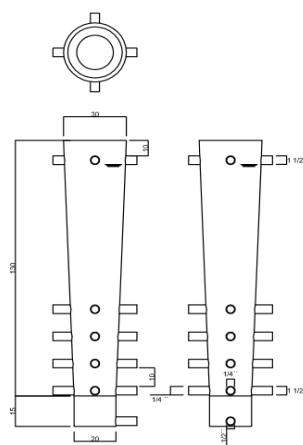


Foto 2: Projeto base do reator de estruvita



## 2.2. Abastecimento: Controle de perdas em sistemas de abastecimento

**Introdução:** Atualmente, a demanda de água cresce em grande escala e sua oferta não tem acompanhado este crescimento. Por essa razão, o volume de água perdido na rede de abastecimento é um dos problemas mais notáveis da atualidade, na medida em que temos valores típicos acima de 40% de perda para os municípios brasileiros, tornando este assunto relevante tanto do ponto de vista comercial quanto da sustentabilidade. A redução de perdas e a gestão do controle na distribuição visam contribuir com a eficiência do abastecimento de água identificando e controlando essas perdas, sendo um ferramenta importante para a implementação de sistemas sistema de abastecimento água mais eficientes.

Escolhemos para nosso projeto/estudo uma região de fácil acesso e bem delimitada fisicamente, a Vila Residencial da UFRJ, localizada na Ilha do Fundão, Rio de Janeiro.

**Objetivos:** Diagnosticar e avaliar a viabilidade técnica de implantação de um programa de controle para redução de perdas no abastecimento de água na Vila Residencial da UFRJ.

**Metodologia:** De posse das plantas de localização das adutoras fornecidas pela concessionária de água (CEDAE) e pela Prefeitura Universitária, inicialmente, o grupo identificou a localização dos macro medidores – equipamento de medição do aporte de água que passa por tubulações e tem como finalidade mensurar o volume de água tratada fornecida à população. No projeto existem dois macros medidores de especificações diferentes um DN 100 mm e um DN 50 mm. O macro medidor DN 100 mm está localizado na entrada da Vila e mede o aporte de água da totalidade de 450 casas e, o macro medidor DN 50 mm mede o aporte de água de somente uma rua de 42 casas, ou seja, 42 micro medidores – representam à medição da vazão do abastecimento de água específico de cada casa, são os hidrômetros residenciais.

São feitas visitas técnicas diárias para a coleta dos consumos contabilizados pelos hidrômetros e um estudo da diferença do volume histórico utilizado naquele período, determinados previamente. Junto a esses resultados, também é feita a comparação com os dados de distribuição da água feita pelo macro medidor. Determina-se então dimensão das perdas e desperdícios da rede de distribuição do Sistema de Abastecimento de Água Pública.

Do mesmo modo, as perdas podem ser contabilizadas para diversos outros sistemas, sendo nas fases de captação para o tratamento, no sistema de abdução, no sistema de distribuição ou nas zonas do sistema de distribuição.



Fotos 3: Localização do Subsistema de estudo

### 2.3. Drenagem Urbana: Proposta de solução de engenharia

**Introdução:** "O sistema de drenagem de um núcleo habitacional é o mais destacado no processo de expansão urbana, ou seja, o que mais facilmente comprova a sua ineficiência" (FUNASA), tão logo o cessar das chuvas, suas falhas tornam-se evidentes pela retenção de água na superfície do solo, passando a influir diretamente sobre a qualidade de vida da população em questão. Neste sentido, selecionamos para nosso estudo a Vila Residencial da UFRJ, que é a região prevista para a moradia de seus funcionários administrativos, localizada nos limites físicos da Cidade Universitária com a Baía de Guanabara.

Devido ao seu insatisfatório sistema de drenagem, apresenta problemas históricos de inundação, o que causa transtornos diversos para uma população com cerca de 2000 habitantes, além de representar um problema sanitário expressivo. Fato este determinante para sua escolha como objeto de estudo.

**Objetivos:** Diagnosticar as causas e apresentar uma **proposta de solução de engenharia** viável para o problema crônico de inundação na Vila Residencial da UFRJ.

**Metodologia:** Inicialmente o grupo se concentrou em catalogar prováveis pontos de alagamento existentes na cidade universitária com o objetivo de delimitar uma região inicial de estudo. Neste sentido procuramos a prefeitura da Cidade Universitária para obtenção de mapas topográficos. Estas informações confirmaram a Vila Residencial da UFRJ como uma proveitosa escolha.

Foram registrados fotograficamente pontos-chave para descrição do sistema de drenagem como um todo, dando destaque especial às saídas de micro drenagem, o estado de conservação das tubulações e a linha de influência da variação das marés. Munido destes dados, produzimos um documento descritivo com legenda foto a foto, que contém todos os aspectos considerados relevantes visando ser uma janela para o diagnóstico necessário para a proposição de uma solução para o problema. De posse do memorial fotográfico, o grupo concluiu que o sistema de drenagem implantado falha por desconsiderar a variação de nível das marés, o que promove um refluxo ascendente das águas da Baía de Guanabara até o ponto de extravasarem pelas sarjetas.

Na etapa seguinte estabelecemos os critérios a serem adotados para nortear a escolha das futuras propostas de solução, de modo a viabilizar uma solução tanto eficaz quanto viável. Os critérios adotados foram a) Menor quantidade possível de intervenções físicas no local, b) baixo custo de implantação, c) baixo custo de manutenção e d) o funcionamento ininterrupto do sistema e de acesso mecânico.

Traçadas essas diretrizes nossa **proposta de solução de engenharia** para este problema foi à utilização de Válvulas Flap nas saídas de micro drenagem, uma vez que estas têm a capacidade de permitir o fluxo de água em apenas um dos sentidos nos dutos em que forem instaladas, demandando poucas e localizadas intervenções, apresentando baixo custo relativo e um funcionamento ininterrupto.

#### 2.4. Resíduos Sólidos: A geração de energia a partir de resíduos sólidos urbanos



Foto 4: Disposição da Rede de Drenagem

Foto 5: Detalhe Microdrenagem

**Introdução:** “O resíduo orgânico, além de apresentar risco à saúde dos catadores, contamina todo o material potencialmente reciclável, inviabilizando o seu aproveitamento e, conseqüentemente, a sua reutilização.” (Comlurb), Além disso, com a produção do chorume, lençóis freáticos podem ser contaminados, afetando assim o bioma e a população local.



Diante desse problema, surge como uma possível e viável solução os biodigestores anaeróbicos, que têm como fonte os próprios resíduos e, baseado num sistema de cultura bacteriana, geram como principal produto o gás Metano ( $\text{CH}_4$ ). Dessa forma, o que antes era desperdiçado na atmosfera e contribuía para o aquecimento global, agora é coletado e é fonte de produção de energia.

**Objetivo:** Dimensionar um sistema de biodigestor anaeróbio, visando reduzir danos ambientais e usufruir de todos os benefícios deste sistema (produção de biogás e de biofertilizante) e produzir energia limpa e renovável.

**Metodologia:** Inicialmente são coletados, triturados e armazenados os resíduos orgânicos nos biodigestores para a sua alimentação. Logo em seguida, coloca-se determinada quantidade de água e então o biodigestor é vedado, para que não haja interferência do oxigênio no processo de decomposição dos resíduos.

Tal processo é do tipo descontínuo, ou seja, há reposição de material e retirada de biofertilizante concomitantemente a cada semana e é caracterizado pela fermentação anaeróbica feita por bactérias, que, ao encontrar o ambiente propício para sua atuação liberam no meio enzimas que realizam a hidrólise das partículas maiores (quebra de polissacarídeos) em ácidos orgânicos (ácido láctico e ácido butílico), alcoóis, gás hidrogênio e gás carbônico. A partir daí as bactérias denominadas metanogênicas vão atuar sobre o gás hidrogênio e o gás carbônico para transformá-los em Metano ( $\text{CH}_4$ ).

Os produtos finais são Metano ( $\text{CH}_4$ ), gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), ácido sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ) e oxigênio ( $\text{O}_2$ ). Suas medições são feitas diariamente, a fim de controlar e testar suas capacidades de produção de cada um dos gases. O gás metano tem destaque pela sua alta capacidade energética.



Fotos 6 : Processamento prévio para o Biodigestor





Fotos 7: Resíduos Sólidos retirados do Biodigestor

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Idealmente o projeto funcionaria em uma seqüência lógica onde as atividades de ensino capacitariam o aluno (enfoque acadêmico) a buscar soluções inovadoras e viáveis (tecnológico) para sua efetiva implementação na Cidade Universitária (institucional). Efetivando assim mais do que apenas o objetivo da extensão pura, o projeto representa o coroamento de todas as atribuições desejáveis relativas a uma Universidade (Ensino, Pesquisa e Extensão) em único projeto, que é maior que soma das partes, por representar justamente esses anseios que raramente tomam corpo em um único projeto.

### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COPASA. *Glossário de Saneamento*. Companhia de Saneamento de Minas Gerais, 2013. Disponível em: <[www.mzweb.com.br/copasa/web/conteudo\\_pt.asp?tipo=19698&id=74922&idioma=0&conta=28](http://www.mzweb.com.br/copasa/web/conteudo_pt.asp?tipo=19698&id=74922&idioma=0&conta=28)> Acesso em 07 de out 2013.

MCNUTT, M. K.; SALAZAR, K. *Mineral commodity summaries 2012*. U.S. Geological Survey, Reston, Virginia: 2012. Disponível em: <[minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/phosphate\\_rock/mcs-2012-phosp.pdf](http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/phosphate_rock/mcs-2012-phosp.pdf)> Acesso em: 17 de abr 2013.

PAGANINI, W. S. *Disposição de esgotos no solo: escoamento à superfície*. São Paulo: Fundo Editorial AESABESP, 1997.



PENA, M. M; AZEVEDO, J. P. S. de; SANTIAGO, J. A. F. *Aplicação e Análise da Metodologia da IWA para o Controle de Perdas no Sistema de Abastecimento de Água da Baixada de Jacarepaguá/RJ*. Tese (doutorado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia Civil, 2010.

UFRJ. *Plano diretor 2020*. Cidade Universitária, Rio de Janeiro. Abril, 2011.  
Disponível em: <[www.ufrj.br/docs/plano\\_diretor\\_2020/PD\\_2011\\_02\\_07.pdf](http://www.ufrj.br/docs/plano_diretor_2020/PD_2011_02_07.pdf)>  
Acesso em 03 out. 2013.

VON SPERLING, M. *Qualidade de água: Introdução à qualidade das águas*. FUNASA, 2006.

XAVIER, LUCIANO DIAS. *Recuperação de fósforo a partir da precipitação de estruvita na linha sobrenadante do digestor anaeróbio de lodo*. Sigma. UFRJ. 2012.

## **CITY, WATER AND ENVIRONMENT: INNOVATION, EFFICIENCY AND SUSTAINABILITY OF URBAN ENVIRONMENTAL SANITATION SYSTEMS**

### ***Abstract:***

This work is the result of the extension project "City, Water and Environment", Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ), which aims to provide the network of urban environmental sanitation of the City University systems efficient, innovative and sustainable working on four strands of work: water Treatment, Sewage, Solid Waste, Urban Drainage. Each of these strands has its own team of students guided by an expert teacher in the subject, who together developed initiatives, studies and projects seeking to contribute to the evolution of technology and sustainable systems to measure that promotes education through an unprecedented platform teaching, which combines Innovative Extension Education and Research on a platform that aims to direct feedback to the Company.

***Key-words:*** *Environmental Sanitation; Extent; Engineering*