



II Seminário Nacional de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

Tema: Inovação Tecnológica e de Gestão para
Alcançar os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

17, 18 E 19 | **OUTUBRO 2019**
8h às 18h
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES
VITÓRIA-ES



Inscrições

WWW.ABES-ES.ORG.BR/EVENTO

Realização



Patrocínio



Apoio



ANAIS

II SEMINÁRIO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS E
SANEAMENTO AMBIENTAL

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E DE GESTÃO PARA ALCANÇAR OS
OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

2ª EDIÇÃO



II Seminário Nacional de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental:
Inovação Tecnológica e de Gestão para Alcançar o Objetivos do
Desenvolvimento Sustentável (outubro, 2019: Vitória, ES)

Anais [recurso eletrônico] / II Seminário Nacional de Recursos Hídricos e
Saneamento Ambiental: Inovação Tecnológica e de Gestão para Alcançar
o Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, 17, 18 e 19 de outubro de
2019 em Vitória, ES.

1. Inovação Tecnológica – Brasil – Seminários. Associação
Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. III. Título.

FICHA TÉCNICA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

Seção Espírito Santo

Presidente

Edumar Cabral Ramos Coelho – UFES

Vice-Presidente

Nadja Lima Gorza – Companhia Espírito Santense de Saneamento - CESAN

Diretoria

Marcia Maria P. Alves de Azevedo - Tesoureira

Bárbara Siqueira Miguel Martins – Diretor de Comunicação e Imagem

Talita Aparecida Pletsch - Diretora de Saneamento e Meio Ambiente

Maria Cláudia Lima Couto - Diretora de Resíduos Sólidos

Priscilla Basílio C. B. Trindade – Secretária

Conselho Consultivo

Elias Antônio Coelho Marochio

Maria Alice Mochel Piccolo

Roberto Antônio Bianchi

Conselho Estadual

Andressa Modolo Serafim

Mônica Maria Perim de Almeida

Tamara Barbosa Passos

Comissão Científica

Edumar Cabral Ramos Coelho – Presidente ABES-ES, UFES

Avaliadores Técnicos

Janaina Simões Lima

Lorena Dornelas Marsolla

Regiane Pereira Roque

Renan Barroso Soares



ANÁLISE ESTATÍSTICA DE SÉRIES TEMPORAIS DE CONCENTRAÇÃO DE MATERIAL PARTICULADO NA REGIÃO DA GRANDE VITÓRIA, ES, BRASIL

Jaqueline Knaak⁽¹⁾

Graduada em Engenharia Ambiental e Sanitária pela FARESE – Faculdade da Região Serrana. Pesquisadora do Núcleo Integrado de Pesquisa em Engenharia Ambiental – NUPEA - Departamento de Ciências Ambientais – FARESE – Santa Maria de Jetibá/ ES - Brasil.

Wanderson de Paula Pinto⁽²⁾

Doutorando em Engenharia Ambiental no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da UFES. Professor da Faculdade da Região Serrana (FARESE) e Coordenador do Núcleo Integrado de Pesquisa em Engenharia Ambiental – NUPEA - Departamento de Ciências Ambientais – FARESE – Santa Maria de Jetibá/ ES - Brasil.

Endereço⁽¹⁾: CRG Área Rural, S/N – Área Rural – Santa Teresa - ES - CEP: 29650-000 - Brasil - Tel: (27) 99959-7744 - e-mail: jaquelineknaak@gmail.com.

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi correlacionar a poluição do ar causada, especificadamente, pelas partículas inaláveis (PM_{10}) com o perfil meteorológico dos municípios da Região da Grande Vitória, ES, Brasil, no período de 01/01/2008 a 31/12/2017. Para isso, utilizaram-se séries temporais de concentrações de PM_{10} e de variáveis meteorológicas (velocidade do vento, umidade relativa, precipitação pluviométrica, temperatura e radiação solar) obtidas junto ao Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA). A investigação das relações entre a concentração de PM_{10} e as variáveis climáticas, foi realizada por meio do cálculo dos coeficientes de correlação de Pearson. Os resultados demonstraram que, durante o período estudado, os padrões estaduais e nacionais, assim como, as diretrizes internacionais de qualidade do ar foram ultrapassadas. De forma geral, foi possível constatar que os níveis de PM_{10} na atmosfera da RGV possuem relação significativa com os fatores meteorológicos em estudo. Assim, as concentrações do material particulado inalável são influenciadas pela umidade relativa e precipitação pluviométrica indiretamente em todas as estações consideradas. Já as variáveis velocidade do vento e temperatura atuam tanto reduzindo quanto aumentando as concentrações, em função das características particulares de cada localidade. Por fim, as correlações com radiação solar indicaram pouca relação com as concentrações do poluente, porém aquelas consideradas significativas atestaram que essa variável contribui para o aumento dos níveis de material particulado na atmosfera da região.

PALAVRAS-CHAVE: Poluição do ar, variáveis meteorológicas, PM_{10} , coeficiente de correlação.

INTRODUÇÃO

A preocupação com os efeitos nocivos da poluição do ar à saúde humana foi suscitada com a acelerada industrialização promovida, a partir do século XVIII, pela Revolução Industrial, devido a alguns episódios envolvendo a combinação de altas taxas de emissão de poluentes para a atmosfera e a formação de uma camada de inversão térmica, que causaram um impacto negativo à saúde da população, tendo como consequência aumentos significativos nos casos de morbidade e mortalidade (BELO e TOFOLI, 2011; PINTO, 2013).

Desde então, a qualidade do ar vem sendo comprometida pela intensificação das atividades antropogênicas em consequência à globalização. O crescimento da população, o aumento da frota de veículos motorizados e, a expansão das atividades industriais são os principais fatores que levaram à multiplicação das fontes de emissão de poluentes comprometendo ainda mais a salubridade do ar (LIRA, 2009). Em consonância a tal cenário, a Organização Mundial de Saúde (OMS) publicou, em setembro de 2016, que 92% da população mundial vive em locais onde os padrões de qualidade do ar estão acima dos estabelecidos pela própria organização (WHO, 2016).



Entre os poluentes monitorados, o material particulado (PM) tem ganhado destaque por parte dos órgãos fiscalizadores e pesquisadores, principalmente, pelo potencial de provocar doenças cardiovasculares, problemas respiratórios como bronquite, asma e alergias, câncer de pulmão e até mortalidade (GOUVEIA *et al.*, 2003, RESENDE, 2007, SOUZA *et al.*, 2014, FREITAS *et al.*, 2016). De acordo com Resende (2007), além destes problemas de saúde pública, ele é responsável, ainda, pela redução da visibilidade, danos em edificações, alteração no balanço de nutrientes de lagos, rios e do solo, alteração da diversidade do ecossistema, entre outros.

A *United States Environmental Protection Agency* – US EPA (2018) caracteriza o material particulado como a mistura de partículas líquidas ou sólidas na atmosfera. Essas partículas são classificadas em Partículas Totais em Suspensão (PTS), Partículas Inaláveis com diâmetro igual ou menor que 10 μm (PM₁₀) e Partículas Inaláveis Finas com diâmetro igual ou menor que 2,5 μm (PM_{2,5}).

Sendo assim, vários autores descrevem que a concentração de um poluente no ar, em especial do material particulado, não depende apenas dos fatores inerentes a fonte de emissão, mas de vários outros fatores como o relevo do entorno do ponto de emissão, das condições meteorológicas e da natureza do poluente (LIRA, 2009; LEITE *et al.*, 2011; MOREIRA *et al.*, 2014). Em vista disso, a meteorologia possui fundamental importância em relação a acumulação e dispersão dos poluentes na atmosfera, e na deposição dos poluentes no solo. A exemplo, Leite (2005) observou que a baixa umidade relativa e baixa velocidade do vento contribuem para a elevação dos níveis de poluentes na atmosfera, em contrapartida, as condições de precipitação pluviométrica e ventos intensos favorecem a dissipação dos poluentes no ar.

Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi correlacionar a poluição do ar causada, especificadamente, pelas partículas inaláveis (PM₁₀) com o perfil meteorológico dos municípios da Região da Grande Vitória, ES, Brasil, no período de 01/01/2008 a 31/12/2017, sob a justificativa de contribuir no gerenciamento da poluição do ar frente ao comportamento das concentrações dos poluentes na atmosfera da região.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste estudo, utilizaram-se séries temporais de concentração de poluentes atmosféricos e de variáveis meteorológicas monitorados na Região da Grande Vitória (RGV), que situa-se no litoral do estado do Espírito Santo e é composta pelos municípios de Vitória, Vila Velha, Cariacica, Serra e Viana. Possui clima Aw (tropical quente) de acordo com a classificação climática de Köppen (KÖPPEN, 1936), cujas temperaturas variam entre 24° e 30°C. Além disso, possui uma área de 1.456 km² com cerca de 1.565.393 habitantes que representa 44,5% da população total do estado do Espírito Santo, sendo que 98,6% dessa população vive em área urbana (IBGE, 2010).

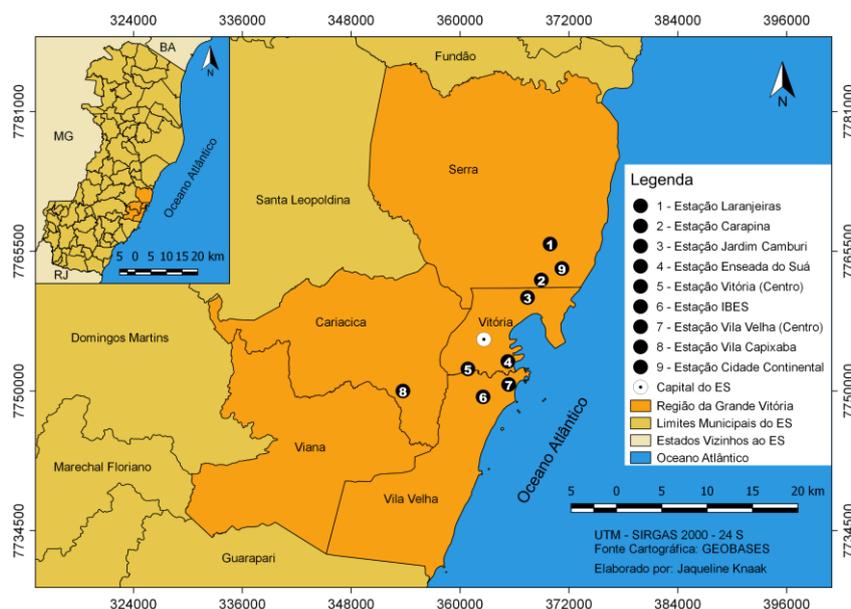


Figura 1: Localização das estações componentes da RAMQAr na RGV, Espírito Santo.



A RGV destaca-se por ser uma das mais urbanizadas e industrializadas do estado e devido a isso, são comuns problemas relacionados a poluição atmosférica. Em vista a tais aspectos supracitados, em junho de 2000 foi inaugurada na RGV a Rede Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar (RAMQAr) de propriedade do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA). A RAMQAr é composta por nove estações distribuídas por quatro municípios da RGV, cuja localização espacial está representada na Figura 1.

Na Tabela 1, foram apresentadas a localização das estações de acordo com os bairros em que estão alocadas, bem como seus respectivos códigos de identificação junto ao IEMA, as coordenadas planas (UTM) de sua localização e o ano de início da operação de cada estação.

Tabela 1: Caracterização das estações da RAMQAr.

Código da Estação	Bairro	Início da Operação	Coordenadas	
			X	Y
E1	Laranjeiras	2000	369917	7766305
E2	Carapina	2000	368945	7762315
E3	Jardim Camburi	2000	367429	7760371
E4	Enseada do Suá	2000	365266	7753279
E5	Centro (Vitória)	2005	360857	7752450
E6	IBES	2000	362532	7749346
E7	Centro (Vila Velha)	2000	365354	7750721
E8	Vila Capixaba (CEASA)	2000	353697	7749998
E9	Cidade Continental	2011	371218	7763588

Fonte: adaptado de IEMA, 2018.

A RAMQAr monitora os seguintes poluentes atmosféricos: partículas inaláveis com diâmetro menor ou igual a 2,5 µm (PM_{2,5}), partículas inaláveis com diâmetro menor ou igual a 10 µm (PM₁₀), partículas totais em suspensão (PTS), dióxido de enxofre (SO₂), monóxido de nitrogênio (NO), dióxido de nitrogênio (NO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x), monóxido de carbono (CO), ozônio (O₃), metano (CH₄), hidrocarbonetos não-Metano (HCnM) e hidrocarbonetos totais (HCT). E, realiza, ainda, o monitoramento dos seguintes parâmetros meteorológicos: direção dos ventos (DV); velocidade dos ventos (VV); precipitação pluviométrica (PP); temperatura (T); pressão atmosférica (P); e a radiação solar (I). As variáveis monitoradas por cada estação da RAMQAr estão apresentadas na Tabela 2.

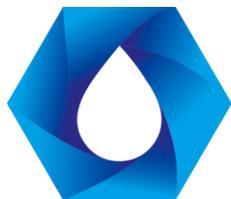
Tabela 2: Estações e variáveis atmosféricas monitorados pela RAMQAr.

Estações	Poluentes Monitorados	Variáveis Meteorológicas
E1	PM ₁₀ , PTS, SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x , O ₃	
E2	PM ₁₀ , PTS	DV, VV, UR, PP, P, T, I
E3	PM ₁₀ , PTS, SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x	
E4	PM _{2,5} , PM ₁₀ , PTS, SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x , CO, O ₃ , CH ₄ , HCnM, HCT	DV, VV
E5	PM ₁₀ , PTS, SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x , CO, CH ₄ , HCnM, HCT	
E6	PM _{2,5} , PM ₁₀ , PTS, SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x , CO, O ₃ , CH ₄ , HCnM, HCT	DV, VV
E7	PM ₁₀ , SO ₂	
E8	PM ₁₀ , PTS, SO ₂ , NO, NO ₂ , NO _x , CO, O ₃	DV, VV, T
E9	PM ₁₀ , PTS, SO ₂ , NO ₂	DV, VV

Fonte: Adaptado de IEMA, 2018.

Preliminarmente, com o objetivo de determinar as estações da RAMQAr representativas para o presente estudo, foi realizada uma análise dos dados brutos de todas as estações da rede, sendo considerada representativa toda estação que apresentou uma porcentagem de dados faltantes em sua série igual ou inferior a 35%. Assim, foram definidas as seguintes estações a serem utilizadas, considerando a série do poluente PM₁₀: Jardim Camburi, Enseada do Suá, Centro (Vitória), IBES e Vila Capixaba (Cariacica).

Para a determinação das variáveis meteorológicas a serem utilizadas neste trabalho, o critério seguiu a mesma metodologia descrita anteriormente para escolha das estações. Desse modo, foram empregadas as séries



referentes à direção e velocidade do vento, umidade relativa, precipitação pluviométrica, temperatura e radiação solar, conforme descrição da Tabela 3.

Tabela 3: Descrição das variáveis meteorológicas.

Variáveis	Unidades	Descrição
Velocidade do vento	$m.s^{-1}$	Dado que a estação de Cidade Continental apresentou muitos dados faltantes, adotou-se uma média aritmética entre as estações de Carapina, Enseada do Suá, IBES e de Cariacica.
Direção do vento	°	Como existem muitos dados faltantes na estação de Carapina, Cariacica e Cidade Continental, foi realizada média aritmética entre as estações de Enseada do Suá e IBES.
Umidade relativa	%	Média aritmética entre as estações de Carapina e Cariacica, as únicas que medem tal variável.
Precipitação	mm	Valores medidos na estação de Carapina, pois é a única que possui medição para tal variável.
Temperatura	°C	Média aritmética entre as estações de Carapina e Cariacica.
Radiação solar	$W.m^2$	Valores medidos na estação de Carapina, única que realiza tal medição.

As análises estatísticas foram realizadas para o período de 01 de janeiro de 2008 a 31 de dezembro de 2017, sendo os dados referentes a concentração de PM_{10} e as variáveis meteorológicas para a RGV fornecidos em médias horárias de 24 horas e coletados através do banco de dados do IEMA. Em vista a presença de dados faltantes nas séries, aplicou-se a metodologia de imputação via algoritmo EM (*expectation-maximisation*), proposto por Junger e Leon (2015). Após a imputação dos dados faltantes foram calculadas as médias diárias de concentração dos poluentes e dos dados meteorológicos em estudo. Posteriormente, afim de investigar as relações entre a concentração de PM_{10} e as variáveis meteorológicas, foram calculados os coeficientes de correlação de Pearson. Todas as análises estatísticas foram realizadas no *software* livre R (R CORE TEAM, 2018).

RESULTADOS

Para um entendimento preliminar das variáveis em estudo, estão apresentados na Tabela 4, algumas de suas medidas descritivas básicas. Observa-se que a maior concentração média de PM_{10} foi registrada na E8 (40,31 $\mu g/m^3$) seguida pela E1 (32,73 $\mu g/m^3$), e o menor valor médio foi encontrado na E2 (20,35 $\mu g/m^3$). Em média, as concentrações não ultrapassaram a diretriz estabelecida pela Organização Mundial da Saúde (WHO, 2005) (50 $\mu g/m^3$), o Padrão Intermediário 1 (PII) estabelecido pela Resolução CONAMA 491/2018 (CONAMA, 2018) (120 $\mu g/m^3$) e a Meta Intermediária 1 (MI1) determinado pelo Decreto Estadual nº 3463 – R/2013 (ESPÍRITO SANTO, 2013) (120 $\mu g/m^3$). Porém, nota-se que, todas as estações apresentam alto desvio-padrão e coeficiente de variação, sugerindo que a média dos dados é pouco representativa e há uma grande variabilidade dos mesmos. Além disso, os resultados demonstram que os valores máximos superam cerca de três vezes o seu valor médio, constatando a grande variabilidade das concentrações de PM_{10} na RGV.

É possível, também, avaliar que todas as concentrações máximas obtidas em cada estação ultrapassaram a diretriz estabelecida pela OMS (WHO, 2005) para esse poluente e, a concentração máxima obtida na E8 (120,83 $\mu g/m^3$) excedeu o padrão PM_{10} do CONAMA e a meta MI1 do Decreto Estadual nº 3463 – R/2013, fato este que é preocupante, pois mesmo em níveis abaixo do estabelecido pela legislação são observados efeitos adversos à saúde da população, à fauna, à flora, aos materiais e o meio ambiente em geral (WHO, 2005).

Em relação a análise das medidas descritivas das variáveis meteorológicas (Tabela 4), em geral, observando os valores do desvio padrão, do coeficiente de variação e as diferenças entre os máximos e os mínimos, é possível notar que os dados meteorológicos apresentam grande variabilidade, com exceção da variável temperatura que, de acordo com o IEMA (2018), apresenta pouca variabilidade climatológica na região.

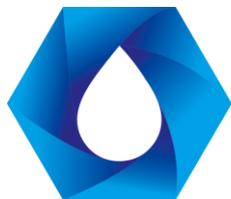


Tabela 4: Medidas descritivas das variáveis sob estudo.

Estações e Variáveis		Medidas Descritivas							
		μ	M	σ^2	CV	Máx.	Mín.	Assimetria	Curtose
PM ₁₀	E1	32,73	31,04	13,17	40,23	118,79	5,97	1,00	1,93
	E2	20,35	19,12	7,28	35,81	88,25	4,42	1,83	6,87
	E3	23,45	22,61	7,43	31,67	66,88	3,54	0,95	2,00
	E4	28,15	27,21	8,74	31,06	83,58	8,83	0,95	2,14
	E5	25,48	21,42	8,08	31,70	83,12	6,79	1,03	2,21
	E6	26,93	25,96	9,54	35,43	88,13	5,00	0,95	2,08
	E8	40,31	38,34	15,22	37,75	120,83	5,50	1,19	2,63
	Variáveis meteorológicas	VV	2,02	2,02	0,31	27,61	4,19	0,77	0,36
UR		75,70	75,70	37,59	8,09	98,29	55,24	21,31	24,91
PP		0,13	0,008	0,19	318,04	12,84	0,32	11,27	231,48
T		24,64	24,64	5,54	9,55	30,69	17,94	-0,06	-0,56
I		209,85	209,82	6536,53	38,52	537,8	81,04	0,06	0,25

Unidade de Medida: μ , M, σ^2 , Máx., Mín. = ($\mu\text{g.m}^{-3}$); CV = %.

Na Tabelas 5 estão apresentadas as matrizes de correlação entre as variáveis meteorológicas e o poluente PM₁₀, correspondente, às estações E1, E2, E3, E4, E5, E6 e E8, contendo os seus respectivos coeficientes de correlação de Pearson. Os coeficientes de correlação que não apresentaram significância estatística estão em negrito, sendo considerado o nível de significância de 5%. De maneira geral, observa-se que os fatores meteorológicos apresentam relação linear com as concentrações do material particulado inalável. O maior valor de correlação do PM₁₀ para as estações E1, E2 e E8 foi obtido com a VV, já para as estações E3, E4, E5 e E6, a maior correlação ocorreu com a PP.

As correlações com a VV apresentaram-se positivas para as estações E1, E4 e E6 e, negativas para as estações E2, E5 e E8, ou seja, para as três primeiras estações o aumento da VV acarreta aumento nas concentrações de PM₁₀ e, o processo inverso ocorre para as demais estações. É esperado que o aumento da VV proporcione uma maior taxa de dispersão de PM₁₀, como obtido para as estações E2, E5 e E8. No entanto, os coeficientes positivos obtidos devem-se ao fato que existe uma íntima relação entre os ventos com as características locais e específicas, como direção e intensidade do vento, assim como a disposição da estação com relação a fonte emissora, o que faz com que as correlações variem de uma localidade a outra (SANTOS, REBOITA e CARVALHO, 2018).

Assim, de acordo com o Inventário de Emissões Atmosféricas da Região da Grande Vitória (ECOSOFT, 2011), aproximadamente 70% das emissões de PM₁₀ para a atmosfera da RGV são provenientes da ressuspensão de partículas causadas pelo vento e tráfego veicular, corroborando a relação positiva, uma vez que o aumento da VV tende a elevar a ressuspensão do solo. Por exemplo, a estação E4, localizada abaixo da Terceira Ponte sentido Vitória – Vila Velha e ao lado da Avenida Américo Buaiz e da Rua Tenente Mário Francisco Brito, é diretamente influenciada pelas emissões de origem móvel, pois é um ponto de fluxo intenso de veículos automotores que, associado ao aumento da velocidade do vento, contribuem expressamente para a ressuspensão de partículas nas vias e, conseqüentemente, para a elevação dos níveis de material particulado monitorados na estação. É importante destacar que a estação E3 foi a única que não apresentou correlação significativa com a variável VV, pois sofre influência das edificações nas vizinhanças da estação.

Todas as estações, obtiveram correlações negativas com a variável UR, indicando que as altas concentrações de PM₁₀ estão associados a condições de baixa umidade relativa do ar, com exceção da estação E2 a qual apresentou correlação não significativa. Comportamento semelhante pode ser observado entre a relação da PP e os níveis do poluente estudado, em que todas as estações, sem restrição, demonstraram correlação negativa com a variável meteorológica. Esse coeficiente negativo se deve ao processo de remoção das partículas presentes na atmosfera por meio da deposição úmida, ou seja, durante os períodos de chuva ocorre diminuição do PM₁₀ em suspensão e, além disso, solo úmido atenua a ressuspensão do particulado do solo (LYRA, ODA e VIOLA, 2011).



Tabela 5: Matriz de correlação entre PM₁₀ e as variáveis meteorológicas.

	PM ₁₀	VV	UR	PP	T	I
E1						
PM ₁₀	1					
VV	0.3725	1				
UR	-0.3578	-0.5115	1			
PP	-0.1969	-0.0989	0.4153	1		
T	0.3527	0.4642	-0.3764	-0.1451	1	
I	0.3322	0.5517	-0.6877	-0.276	0.698	1
E2						
PM ₁₀	1					
VV	-0.1694	1				
UR	-0.0139	-0.5115	1			
PP	-0.1471	-0.0989	0.4153	1		
T	-0.1075	0.4642	-0.3764	-0.1451	1	
I	-0.0828	0.5517	-0.6877	-0.276	0.698	1
E3						
PM ₁₀	1					
VV	-0.0270	1				
UR	-0.1461	-0.5115	1			
PP	-0.1791	-0.0989	0.4153	1		
T	0.0827	0.4642	-0.3764	-0.1451	1	
I	0.0619	0.5517	-0.6877	-0.276	0.698	1
E4						
PM ₁₀	1					
VV	0.1173	1				
UR	-0.2223	-0.5115	1			
PP	-0.1771	-0.0989	0.4153	1		
T	0.1306	0.4642	-0.3764	-0.1451	1	
I	0.1419	0.5517	-0.6877	-0.276	0.698	1
E5						
PM ₁₀	1					
VV	-0.1337	1				
UR	-0.0766	-0.5115	1			
PP	-0.1599	-0.0989	0.4153	1		
T	0.0176	0.4642	-0.3764	-0.1451	1	
I	0.0280	0.5517	-0.6877	-0.276	0.698	1
E6						
PM ₁₀	1					
VV	0.0146	1				
UR	-0.2157	-0.5115	1			
PP	-0.2295	-0.0989	0.4153	1		
T	0.0242	0.4642	-0.3764	-0.1451	1	
I	0.1132	0.5517	-0.6877	-0.276	0.698	1
E8						
PM ₁₀	1					
VV	-0.1964	1				
UR	-0.0400	-0.5115	1			
PP	-0.1719	-0.0989	0.4153	1		
T	-0.1371	0.4642	-0.3764	-0.1451	1	
I	-0.0456	0.5517	-0.6877	-0.276	0.698	1

Com relação a variável T, o aumento da temperatura leva a um aumento nas concentrações de PM₁₀ medidos pelas estações E1, E4 e uma redução nos níveis monitorados do PM₁₀ pelas estações E2 e E8. Normalmente, temperaturas mais elevadas conduzem a formação de movimentos verticais ascendentes mais acentuados (convecção), gerando um eficiente arrastamento dos poluentes localizados dos níveis mais baixos para os mais elevados o que pode explicar o resultado obtido para as estações E2 e E8 (ALVIM, 2013). Já a relação positiva, segue a consideração descrita por Derísio (2012). Conforme o autor quando a temperatura aumenta na superfície pode ocorrer o fenômeno de inversão térmica, ocasionando o aumento das concentrações destes junto ao solo, pois essa camada dificulta a dispersão de poluentes devido à baixa velocidade dos ventos horizontais nesse período de inversão. A estação E6, foi a única que apresentou correlação não significativa, ao nível de significância de 5%. E, apesar das estações E3 e E5 terem apresentado significância estatística, através da análise



do valor-p, em contrapartida, os baixos valores do coeficiente de correlação linear (próximos de zero) conduzem para a inexistência de correlação entre as variáveis, ou seja, as observações são independentes (MORETIN e TOLOI, 2006).

De forma geral, as correlações com a I foram baixas ou inexistentes, o que indica pouca relação com PM_{10} . Os resultados encontrados nas estações E1, E4 e E6 indicam que o aumento da radiação solar infere no aumento dos níveis de material particulado. Essas relações são semelhantes ao comportamento observado para a variável temperatura quando a associação encontrada foi positiva, o que já era esperado pois ambas variáveis são intimamente dependentes. Portanto, quanto mais radiação solar atinge a superfície terrestre maior será a temperatura, em consequência, essas condições podem propiciar o desenvolvimento de cenários de alta estabilidade atmosférica, pois devido ao aquecimento do ar próximo à superfície este tende a se tornar menos denso elevando-se na atmosfera, enquanto o ar frio (mais denso) desce instalando-se próximo à superfície, condições as quais levam a formação do mesmo evento descrito anteriormente: a inversão térmica. Assim, a subida natural dos poluentes na atmosfera é detida pela camada de inversão aumentando sua concentração em baixa altitude.

As relações encontradas nas estações E2, E3, E5 e E8 não são estatisticamente significativas pois os dados não foram validados, seja na análise da estatística do teste de significância ou na análise dos valores dos coeficientes de correlação, o que pode ser explicado visto a quantidade de dados faltantes das séries temporais das variáveis estudadas.

CONCLUSÕES

Conforme os resultados obtidos nesse trabalho, as variáveis meteorológicas apresentaram relação linear com o poluente PM_{10} e os seus níveis de concentração na RGV estão associados com a mudança dessas variáveis. Constatou-se que a precipitação e a umidade relativa estão associadas à redução da concentração de PM_{10} na atmosfera da região, devido a relação indireta entre elas. Já o aumento da velocidade do vento atua tanto reduzindo quanto aumentando as concentrações de material particulado, pois suas contribuições dependem fortemente das características particulares de cada localidade. Assim, como a velocidade do vento, a temperatura teve associação direta (E1 e E4) e indireta (E2 e E8) com o PM_{10} . E, as correlações com a radiação solar indicaram pouca relação com o poluente, porém aquelas consideradas significativas constataram que essa variável influencia no aumento das concentrações das partículas inaláveis. Por fim, torna-se importante a avaliação conjunta dos elementos meteorológicos e os poluentes atmosféricos na análise da qualidade do ar da Região da Grande Vitória, a qual por vezes tem apresentado índices superiores aos limites definidos tanto pelos padrões estaduais e nacionais, quanto pelas diretrizes internacionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALVIM, Débora Souza. Estudo dos principais precursores de ozônio na região metropolitana de São Paulo. 2013. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear - Materiais) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.
2. BELO, Pedro Ivo Diógenes; TROFOLI, R. Quantificação dos Níveis de Partículas Finas ($MP_{2,5}$) do Município de Vitória. 2011. 73 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, ES. 2011.
3. CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 491, de 19 de novembro de 2018. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 155. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=740>. Acesso em: 16 abr. 2018.
4. DERISIO, J. C. Introdução ao controle de poluição ambiental. 4 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.
5. ECOSOFT CONSULTORIA E SOFTWARES AMBIENTAIS. Inventário de emissões atmosféricas da Região da Grande Vitória. Vitória, 2011. Disponível em: <https://iema.es.gov.br/Media/iema/.../Inventário%20de%20fontes%20de%202010.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2018.
6. ESPÍRITO SANTO (Estado). Decreto nº 3463-R, de 16 de dezembro de 2013. Estabelece novos padrões de qualidade do ar e dá providências correlatas. Diário Oficial do Estado do Espírito Santo, Vitória, ES, p. 9-11, 17



- dez. 2013. Disponível em: https://iema.es.gov.br/Media/iema/CQAI/Documentos/DECRETO_N%C2%BA_3463_2013.pdf. Acesso em: 15 abr. 2018.
7. FREITAS, Clarice Umbelino de et al. Poluição do ar e impactos na saúde em Vitória, Espírito Santo. *Rev. Saúde Pública*, v. 50, 2016.
 8. GOUVEIA, N. et al. Poluição do ar e efeitos na saúde nas populações de duas grandes metrópoles brasileiras. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, v. 12, p. 29-40, 2003.
 9. JUNGGER, W.L.; LEON, A.P. Imputation of missing data in time series for air pollutants. *Atmospheric Environment*, v. 102, p. 96-104, 2015.
 10. KÖPPEN, W. Das geographische System der Klimate. In KÖPPEN, W. and GEIGER, G. (Eds.). *Handbuch der Klimatologie*. Gebrüder: Borntraeger. 1 - 44 p., 1936.
 11. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2010. 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/resultados.dou/ES2010.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2019.
 12. IEMA – Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Espírito Santo. Relatório da qualidade do ar da Região da Grande Vitória - 2016. Vitória, 2018. Disponível em: https://iema.es.gov.br/Media/iema/CQAI/Relatorios_anuais/Relat%C3%B3rio_Anual_de_Qualidade_do_Ar_2016.pdf. Acesso em: 04 mai. 2019.
 13. LEITE, N. O. Modelagem estatística da relação entre poluição atmosférica e mortalidade por doenças respiratórias. 2005, 64 p. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agropecuária) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2005.
 14. LEITE, Renata Carvalho Macedo. et al. Utilização de regressão logística simples na verificação da qualidade do ar atmosférico de Uberlândia. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 16, n.1, p. 175-180, 2011.
 15. LIRA, Taisa Shimosakai de. Modelagem e previsão da qualidade do ar na cidade de Uberlândia – MG. 2011. 180 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011.
 16. LYRA, Gustavo Bastos; ODA-SOUZA, Melissa; VIOLA, Denise Nunes. Modelos lineares aplicados à estimativa da concentração do material particulado (PM₁₀) na cidade do Rio de Janeiro, RJ. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.26, n.3, 392-400, 2011.
 17. MOREIRA, D. M.; TIRABASSI, T.; MORAES, M. R. Meteorologia e poluição atmosférica. *Ambiente e Sociedade*, v. 11, n. 1, p. 1-13, 2008.
 18. MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. *Análise de séries temporais*. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2006.
 19. PINTO, W. d. P. O uso da metodologia de dados faltantes em séries temporais com aplicações a dados de concentração (PM₁₀) observados na Região da Grande Vitória. 2013. 85 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, ES. 2013.
 20. R CORE TEAM (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.
 21. RESENDE, Fernando. Poluição atmosférica por emissão de material particulado: avaliação e controle nos canteiros de obras de edifícios. 2007. 210 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
 22. SANTOS, Tailine C. dos; REBOITA, Michelle Simões; CARVALHO, Vanessa Silveira Barreto. Investigação da Relação entre Variáveis Atmosféricas e a Concentração de MP₁₀ E O₃ no Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 33, v. 4, 631-645, 2018.
 23. SOUZA, J. B. et al. Componentes principais e modelagem linear generalizada na associação entre atendimento hospitalar e poluição do ar. *Revista de Saúde Pública*, v. 48, n. 3, p. 451-458, 2014.
 24. US EPA - United States Environmental Protection Agency. Particulate Matter (PM) Pollution. Disponível em: <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>. Acesso em: 03 de abr. de 2018.
 25. WHO - World Health Organization. Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005. Genebra, 2005.
 26. WHO – World Health Organization. World Health Statistics 2016: Monitoring health for the SDGs. 2016. Disponível em: https://www.who.int/gho/publications/world_health_statistics/2016/en/. Acesso em: 03 abr. 2018.



**II - APROVEITAMENTO DOS EFLUENTES DE ESTAÇÕES DE
TRATAMENTO DE ESGOTO EM USINAS DE CONCRETO: UM ESTUDO DE
CASO DE REÚSO NA ETE ALEGRIA/RJ**

Luis Carlos Soares da Silva Junior⁽¹⁾

Engenheiro Civil-Sanitarista pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ. Especialista em Engenharia Sanitária e Ambiental pela UERJ. Mestrando do Programa de Engenharia Civil da COPPE/UFRJ.

Marcelo Obraczka⁽²⁾

Engenheiro Civil-Sanitarista pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, Mestre em Ciência Ambiental pelo PGCA/UFF, Doutor pelo Programa de Planejamento Energético PPE/COPPE/UFRJ – Prof. Adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente da Faculdade de Engenharia da UERJ.

André Alcântara de Faria⁽³⁾

Engenheiro Civil-Sanitarista pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ. Mestrando em Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente no DESMA/FEN/UERJ.

Cassio Vital⁽⁴⁾

Graduando em Engenharia Civil pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Athos da Silveira Ramos, 149, Centro de Tecnologia – Bloco I, Sala I206 - Ilha do Fundão, Caixa Postal 68506, Rio de Janeiro, RJ, CEP: 21941-909 - Brasil - e-mail: luis.junior@coc.ufrj.br

RESUMO

O custo da água potável aumenta à medida que as cidades se desenvolvem e aumentam de tamanho, demandando maiores custos de transporte, transposições e tratamentos mais avançados. No entanto, para algumas finalidades não são requeridos os parâmetros de potabilidade exigidos para água de distribuição à população. Dessa forma, o reúso de efluentes domésticos pode se constituir em uma fonte alternativa de água, especialmente em situações de estresse hídrico. Estudos apontam para o uso de águas regeneradas em diversas aplicações, inclusive, para a preparação de concreto, atividade que demanda muita água na sua produção. Especificamente no município do Rio de Janeiro, RJ, há uma aglomeração de centrais dosadoras de concreto – CDC no entorno da estação de tratamento de esgotos – ETE Alegria o que levou à hipótese de reúso de seus efluentes nos processos industriais característicos desses empreendimentos. Portanto, o presente estudo avalia a viabilidade técnico-financeira do reúso de esgotos tratados como água de amassamento nas usinas de concreto, comparando os custos levantados junto as empresas e os custos calculados pelo projeto de dimensionamento de uma rede de distribuição. Inicialmente foram levantadas informações das empresas existentes no local, bem como suas demandas de água e as respectivas fontes de fornecimento. Em seguida foi dimensionado um sistema de distribuição por rede específica/exclusiva de água de reúso, sendo os custos estimados baseados no Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI. Foram levantadas 4 CDC num raio de cerca de 1km da ETE Alegria, perfazendo uma demanda total mensal de 6110 m³ de água, atendidas tanto via rede de água potável da concessionária de saneamento como por caminhões pipa, a um custo médio de R\$ 19,21 por m³ de água. Uma rede de distribuição de água de reúso foi projetada para atender, por gravidade, as quatro empresas, adotando um horizonte de 10 anos de operação do sistema, tendo sido obtido um custo total de implantação e operação de R\$0,36, desconsiderando o custo de tratamento da água de reúso e eventuais taxas de desconto. De acordo com os valores encontrados, pode se inferir a viabilidade e o potencial do emprego de água de reúso no cenário estudado.

PALAVRAS-CHAVE: Reúso industrial, Estação de tratamento de esgoto, Viabilidade financeira

INTRODUÇÃO

O uso de água é fundamental no desenvolvimento das atividades humanas e a concentração de populações em centros urbanos é uma tendência mundial. À medida que as cidades se desenvolvem, aumenta a demanda hídrica e, comumente, esses centros extrapolam os limites que a natureza é capaz de prover através dos



serviços ecossistêmicos. Com isso cresce a necessidade de projetos de engenharia que provenham segurança hídrica às cidades, como transposições de bacia hidrográfica, por exemplo.

O município do Rio de Janeiro - RJ é um caso onde esse caso acontece, a transposição de água do rio Paraíba do Sul para a bacia hidrográfica do Guandu e posteriormente, para a bacia Baía de Guanabara. Tal esforço de transporte, tratamento e distribuição da água incorre em custos de implementação, operação e manutenção dos sistemas. Entre esse e outros motivos, a tarifa de água potável praticada pela Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro – CEDAE é relativamente elevada, quando comparado com outros estados da região Sudeste (ARAÚJO *et al.*, 2017).

Para indústrias, a tarifa para água potável pode variar entre R\$ 21,30/m³ a R\$ 26,17/ m³ para indústrias, dependendo da sua faixa de consumo e localização na região atendida (RIO DE JANEIRO, 2018; CEDAE, 2019). Portanto, para indústrias localizadas no RJ que possuem alta demanda de água, a tarifa impacta diretamente nos custos de produção. Nesse contexto, o reúso de efluentes de estações de tratamento de esgotos – ETE se apresentam como uma ferramenta de gestão de recursos hídricos que, além de otimizar o uso da água, aumenta a segurança hídrica da bacia onde tal instrumento é aplicado (HAAK *et al.*, 2017).

Silva *et al.* (2016) analisaram dezenas de projetos de reúso de efluentes no mundo e concluíram que, apesar de o maior estímulo para a prática do reúso seja o *stress* hídrico na região, a Suécia, o pratica como instrumento de gestão de recursos hídricos. A análise de Silva Junior (2017) na região Sudeste evidenciou que, apesar de ainda incipiente, as estações de tratamento possuem capacidade de produção de águas regeneradas de mais de 1m³/s, sendo a maior parte destinado ao reúso industrial.

A CEDAE fornece, através de caminhões pipa, água de reúso proveniente de suas ETEs desde 2005 na estação Penha e 2013 na Alegria. A primeira fornece efluentes tratados para a Companhia Municipal de Limpeza Urbana – COMLURB para a limpeza de logradouros públicos no município do Rio de Janeiro. A ETE Alegria possui uma planta de produção de água de reúso, que foi utilizada para fornecimento de água de reúso utilizada nas obras do Porto Maravilha, dentro do projeto de revitalização da zona portuária do Rio de Janeiro. Esse sistema é composto por um sistema de filtração com dois filtros e desinfecção por hipoclorito de sódio com capacidade para uma vazão de 720 m³/dia. (CEDAE, 2017).

Observa-se que maior participação do setor secundário na reutilização de águas ocorre por causa da grande competitividade das águas regeneradas em relação às elevadas tarifas de água potável praticadas pelas concessionárias. Avaliando a ETE Alegria como potencial fornecedor de água de reúso para consumo industrial no seu entorno, Obraczka *et al.* (2019) e Campos (2018) sustentam que há um raio de viabilidade para o usuário no qual os custos de transporte de água de reúso via caminhões pipa são mais interessantes do ponto de vista financeiro que as tarifas de água potável.

Nesse sentido, indústrias que consomem grandes volumes de água em seus processos produtivos, como é o caso das indústrias de fabricação de concreto, se beneficiariam com a redução nos custos de uma matéria prima tão importante como a água. Embora não seja possível comparar os parâmetros de qualidade de água regenerada com a água potável, distribuída pelas companhias de saneamento, é importante frisar que os padrões exigidos para a água dependem da finalidade para qual será utilizada. No caso da mistura do concreto não é imprescindível o uso de água potável, pois as exigências para amassamento do concreto são diferentes dos parâmetros exigidos para potabilidade (MEHTA *et al.* 2005; REDDY BABU *et al.*, 2016).

As centrais dosadoras de concreto, também denominadas concreteiras, utilizam água para diversos fins, como por exemplo, limpeza do pátio e da própria usina; no amassamento do concreto usinado, cuja produção consome cerca de 1600 litros para 8 m³ de concreto; e lavagem dos caminhões-betoneira que consome cerca de 1500 litros por turno de produção. (SEALEY *et al.*, 2001; PAOLINI & KHURANA, 1998; TSIMAS & ZERVAKI, 2011).

De acordo com a ABNT (2009), a NBR 15900 especifica requisitos para água de preparo de concreto, indica que o efluente proveniente do esgoto tratado não é adequado para uso em concreto. No entanto, prevê o reúso de águas provenientes de estações de tratamento de esgoto condicionado a aplicações específicas em acordo entre o fornecedor de água e o responsável pela preparação do concreto, atendendo os requisitos da norma.



Asadollahfardi *et al.* (2015) indicam que o uso de efluente doméstico tratado antes da cloração não afeta substancialmente as propriedades do concreto, além de satisfazer normas americanas para produção e cura do concreto. Tsimas & Zervaki (2011) ainda apontam que maioria das amostras apresentou maior resistência à compressão devido aos sólidos suspensos que podem melhorar o fator de empacotamento do concreto.

De acordo com experimento de Goncalves e Lêu (2019), o emprego de água de reúso proveniente de uma ETE composta por lagoas de estabilização, sem qualquer polimento, não apresentou praticamente nenhuma diferença em termos de resistência e trabalhabilidade em relação ao amassamento com água potável.

Associando as experiências de reúso de efluentes domésticos nas etapas de produção de concreto com a concentração de centrais dosadoras de concreto no entorno da estação Alegria, levanta-se a hipótese de reúso industrial nessa região. Essa hipótese se justifica tendo em vista que o reúso de águas regeneradas, provenientes de estações de tratamento de esgoto, pode ser uma alternativa viável para diversos usos em centrais dosadoras de concreto, desde lavagem de pátio e caminhões até uso como água de amassamento.

Tendo em vista as experiências consolidadas de centrais dosadoras operando com água de reúso levantadas e a grande concentração de CDC no entorno da ETE Alegria, o presente trabalho visa analisar a viabilidade técnico-financeira do reúso de efluente através da implantação de uma rede de distribuição de águas regeneradas dessa estação de tratamento em centrais dosadoras de concreto localizadas no seu entorno.

MATERIAIS E MÉTODOS

Adotou-se como estudo de caso a ETE Alegria, operada pela CEDAE, no bairro do Caju, RJ, por já operar um sistema de reúso, fornecendo grande quantidade de água para empreiteiras das obras do Porto Maravilha. Em paralelo, há um elevado número de concreteiras concentradas nessa mesma região, em um raio de cerca de 1 km da ETE. Como se trata de grandes consumidoras de água, eleva-se a potencialidade do aproveitamento e da viabilidade do emprego de água de reúso.

A metodologia foi dividida em três etapas:

Etapa 1: Mapeamento das centrais dosadoras de cimento e concreto no entorno da ETE Alegria

Identificou-se, nas proximidades da estação Alegria, as centrais dosadoras de concreto constantes no cadastro industrial da Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN, 2016), que foram posteriormente foram georreferenciadas, bem como a ETE. Após o levantamento, foram calculadas as seguintes distâncias em relação à estação Alegria: 1) Eulerianas, através do *QuantumGIS*; 2) Rodoviárias, calculadas pelo *Google Maps*; e 3) Adutora, através do dimensionamento da rede adutora da água de reúso. Com base no *Google Earth* foram calculadas as diferenças de elevação entre os locais de interesse, tomando como referência de nível a entrada da ETE Alegria, que se encontra a 6 metros acima do nível médio do mar.

Etapa 2: Estimativa da demanda de água

Foram levantados dados quantitativos de demanda de água e fonte, a partir de publicações existentes para estimar a demanda de água de reúso. Foram obtidos dados de produção mensal de concreto, o consumo de água pelas centrais dosadoras, a fonte do fornecimento de água e o respectivo custo por volume com base em estudos como o de Zahner Filho(2014).

Etapa 3: Dimensionamento da rede de adução de água de reúso

Para possibilitar a comparação de custos, foi dimensionado um anteprojeto de um sistema de adução por tubulação elaborado a partir das bases disponíveis tendo como ponto de partida a entrada ETE Alegria e ponto de chegada a entrada de cada uma das CDC consideradas no presente estudo. A vazão de adução adotada foi calculada em função da demanda total das concreteiras elencadas.

O projeto de dimensionamento da rede de distribuição de água de reúso do tipo ramificada para atendimento das concreteiras seguiu as seguintes premissas: a partir do sistema existente de produção de águas regeneradas da estação, adotou-se um sistema de bombeamento desse efluente para um reservatório elevado, dentro da ETE Alegria, possibilitando a distribuição de água de reúso por gravidade, de forma a garantir uma pressão mínima a montante de 7 mca.



Foi estimada uma operação de 16h por dia de bombeamento, com duas bombas em paralelo, funcionando alternadamente, empregando-se como material da rede de distribuição o PVC PBA classe 20, enquanto que na linha de recalque até o reservatório foi adotada uma tubulação de PEAD PE-80. Os sistemas de recalque foram dimensionados considerando dois conjuntos motor bomba e uma adutora, desconsiderando as perdas localizadas. As perdas distribuídas foram calculadas através da Formula de Darcy, com coeficiente f de Colebrook, sendo a rugosidade relativa de 0,1 mm.

Etapa 4: Levantamento e comparação de custos para alternativas de fornecimento de água (água de reúso x água potável)

Foram considerados os seguintes custos dos insumos e assentamento de tubos de PVC PBA 50mm, 75mm e 100, além da linha recalque com tubo de PEAD 75mm e para custo da bomba, foram utilizados os preços base do SINAPI (2019), mês de referência maio de 2019 para a rede de água de reúso. Enquanto para o cálculo do consumo de energia foi adotado o custo da tarifa de energia elétrica em Junho/2019 de R\$ 0,96387/kWh (LIGHT, 2019).

RESULTADOS

Resultados da etapa 1: Representação geográfica e distâncias da ETE às indústrias

A Figura 1 apresenta a região de estudo incluindo a ETE Alegria e as CDC consideradas no estudo e localizadas no bairro do Caju, Rio de Janeiro: Supermix Concreto, Topmix, Polimix Concreto e Concrevit.

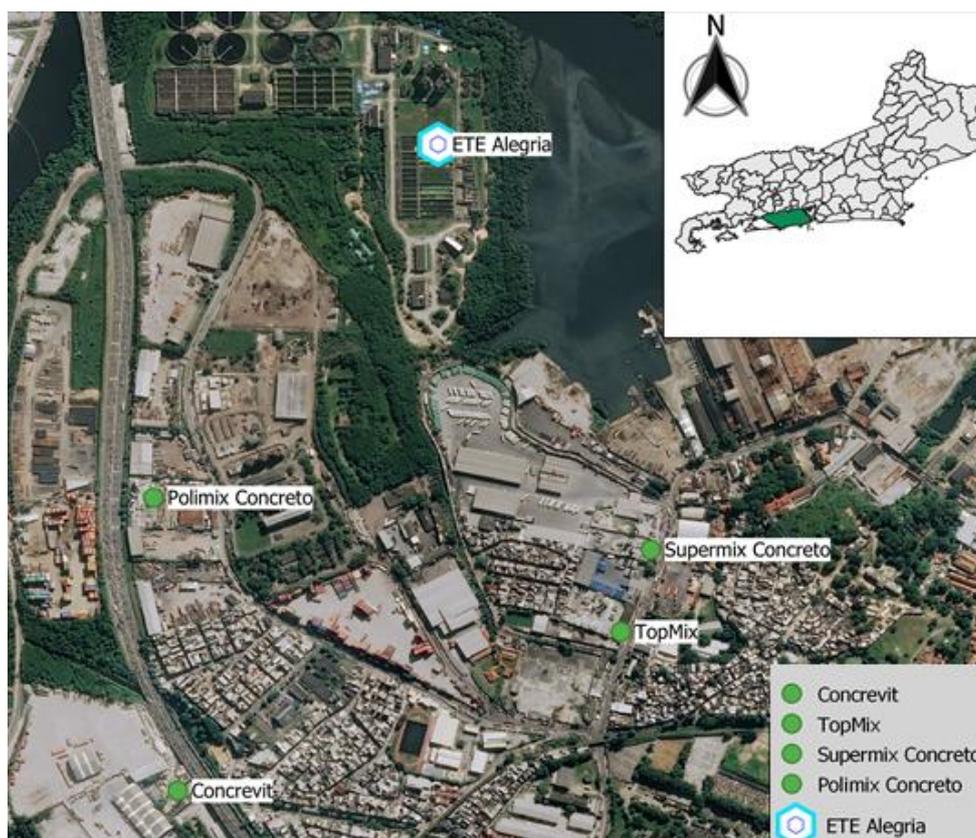


Figura 1 - Região de estudo, situada no bairro do Caju, RJ, com o georeferenciamento da ETE Alegria as centrais dosadoras de concreto consideradas no estudo

A seguir, na Tabela 1 encontram-se as distâncias e as diferenças de elevação das concreteiras em relação à entrada da estação de produção de água de reúso da ETE Alegria.



Tabela 1 - Informações geográficas das centrais dosadoras de concreto

Empresa	Distância Euleriana (m)	Distância rodoviária (m)	Distância por adutora (m)	Diferença de elevação (m)
Supermix Concreto	890	600	603	0
TopMix	775	750	763	0
Polimix Concreto	763	1800	1789	+13
Concrevit	1200	7900	1796	+3

Observação: A referência de nível 0m foi definida em relação a entrada da ETE Alegria, que se encontra a 6m de elevação em relação ao nível médio do mar.

Resultados da etapa 2: Demanda de água de reúso

As estimativas de consumo mensal e os dados de qualidade de água foram levantados por Zhaner Filho (2014) que obteve os dados diretamente com as empresas, relativos ao consumo de água nas concreteiras (Tabela 2). Foi constatada uma estimativa de consumo total de 6610 m³ de água, a um custo médio de R\$ 19,21/m³. Três empresas optam pelo fornecimento através de caminhões-pipa e apenas a Concrevit adota o fornecimento via rede de abastecimento de água potável.

Tabela 2 - Informações de consumo mensal nas CDC identificadas

Empresa	Produção de concreto (m ³ /mês)	Consumo de água (m ³ /mês)	Fornecimento	Custo da água (R\$/m ³)
Supermix Concreto	11500	2500	Caminhões-pipa	R\$ 17,60
Topmix	3500	650	Caminhões-pipa	R\$ 19,54
Polimix Concreto	6000	1200	Caminhões-pipa	R\$ 17,00
Concrevit	8000	1760	Rede de água potável	R\$ 22,73

Fonte: Zhaner Filho, 2014.

Resultados da etapa 3: Dimensionamento da rede

A partir dos dados de demanda de água obtidos, foi projetada e dimensionada uma rede de distribuição de água de reúso, partindo da ETE Alegria e abastecendo as quatro empresas consideradas. O traçado se baseou na configuração do arruamento da região, adotando-se uma rede do tipo ramificada, conforme Figura 2.



Figura 2 - Traçado da rede de distribuição de água de reúso



O diagrama unifilar na Figura 3 apresenta os principais dados de projeto adotados e calculados seguindo os critérios mencionados anteriormente.



Figura 3 - Diagrama unifilar de projeto de dimensionamento da rede de distribuição

A rede foi projetada de forma a operar por gravidade através de um reservatório elevado de 100m³ localizado a 41 metros em relação ao nível médio do mar (35m acima da cota de referência da entrada da estação), possuindo uma extensão de 2259m, e contando com tubulações cujos diâmetros que variam de 50mm a 100mm, em PVC PBA, classe 20.

Resultados da etapa 4: Levantamento dos custos

Os custos de implementação são apresentados na Tabela 3 onde são aplicados os custos do SINAPI por diâmetro de tubulação e comprimento definidos no projeto.

Tabela 3 - Custos de implementação da rede de distribuição

Descrição do material	Custo do insumo por metro (R\$/m)	Custo de assentamento por metro (R\$/m)	Custo de implantação por metro (R\$/m)	Comprimento (m)	Custo de implantação (R\$)
DN 50 mm – PVC PBA Classe 20	18,22	2,11	20,33	463	9412,79
DN 75 mm – PVC PBA Classe 20	36,73	2,91	39,64	1033	40948,12
DN 100 mm – PVC PBA Classe 20	60,80	3,71	64,51	763	49221,13
DN 75 mm – PEAD PE-80	37,86	1,22	39,08	50	1954,00
TOTAL				2259	101.536,04

Fonte: SINAPI, 2019.

Além da tubulação, foram projetadas duas bombas centrifugas de 5HP, (HM/Q: 40m/20,40 m³/h a 46m/9,20 m³/h) com custo estimado de R\$ 2.298,12 cada, totalizando R\$ 4596,24. Para estimar o custo do reservatório de água de reúso, foram consideradas 10 caixas d'água de fibra de vidro com capacidade para 10 m³, adotando-se um custo de R\$ 3.491,27 cada, totalizando R\$ 34.912,70. Ao todo, foram contabilizados R\$ 140744,98 de custo de implantação do sistema.

Considerando uma operação com um consumo de 12.420 kW/ano, segundo o ponto de funcionamento calculado e as especificações do equipamento para bombeamento, bem como o custo da energia elétrica levantado (R\$0,96387 R\$/kWh), obteve-se um custo de operação de R\$ 11.971,26/ano.

Tendo em vista um horizonte de projeto de 10 anos de operação do sistema de distribuição de água de reúso para as centrais dosadoras de concreto, o custo total (CAPEX+OPEX) será de R\$ 260.457,63 para distribuir 733.200 m³ de águas regeneradas, obtém-se um custo estimado de R\$ 0,36 por m³. Destaca-se que não foram considerados os custos de tratamento e polimento do efluente, uma vez que grande parte desses custos ocorre em função das demandas de qualidade mínima do efluente para lançamento no corpo receptor, que independe



se o mesmo será reutilizado. Também não foram considerados critérios como taxa de desconto ou aumento nas tarifas de energia.

Tendo em vista que a qualidade do efluente tratado da ETE Alegria não possui efeitos deletérios na qualidade da água para amassamento, bem como podendo ser usada para outros fins menos nobres nas indústrias, e comparando-se os custos encontrados por Zhaner Filho (2014) e a tarifa da concessionária de saneamento para a água potável, pode ser constatado que os custos do emprego de água de reúso através de rede de distribuição se mostram muito vantajosos, mesmo a curto prazo.

Considerando ainda viés ambiental, o reúso ainda beneficia o corpo receptor, a Baía de Guanabara, por deixar de lançar a carga orgânica e nutrientes remanescentes do tratamento presentes no efluente, que passarão a ser encaminhados através da água de reúso destinadas às CDC. Se for considerada somente a vazão de 6110 m³/mês, isso representaria uma redução mensal de cerca de 168 kg de Demanda Bioquímica de Oxigênio, 122 kg de Nitrogênio e 24 kg de Fósforo, com base nas eficiências de remoção esperadas de um sistema de lodos ativados (ANA, 2017; VON SPERLING, 2014).

CONCLUSÕES

Uma vez assegurado que o uso de efluentes sanitários tratados não apresenta maiores problemas à produção de concreto, foi possível avaliar a sua viabilidade técnica. Além da possibilidade de destinação para outros fins menos nobres nas empresas/usinas, como lavagem de equipamentos, caminhões betoneira, pisos e outros. Portanto, pode-se depreender que o reúso de efluentes domésticos tratados da ETE Alegria, com base em um sistema de tubulação, seria bastante vantajoso financeiramente para as centrais dosadoras de concreto devido ao baixo custo por volume de água de reúso, R\$ 0,36/m³.

Podem ser estimadas ainda vantagens do ponto de vista de uma maior segurança do sistema de fornecimento bem como na redução de tráfego e poluição gerados pelo sistema baseado no transporte por caminhões pipa. Concomitantemente, essa alternativa apresenta ainda vantagens financeiras também para a concessionária de saneamento responsável pela operação dessa ETE, a partir das receitas auferidas pela comercialização de parte do atual rejeito do seu sistema de tratamento.

Deve-se ser estudada com mais detalhe uma possível tarifa a ser cobrada por esse serviço, utilizando-se integralmente a capacidade já instalada de reúso tanto da ETE Alegria como a da ETE Penha, iniciativa essa que poderia vir a reduzir a tarifa para consumidores e aumentar o interesse por emprego de águas regeneradas no município do RJ.

Vale lembrar que o reúso representa um aumento na segurança hídrica na respectiva bacia hidrográfica ao diminuir a demanda de água potável para as CDC (e possivelmente para outras demandas industriais menos exigentes em termos de qualidade de água), disponibilizando mais água potável para usos mais nobres como para a dessedentação da população. Dessa forma reduz-se também a necessidade/pressão por obras de expansão dos sistemas existentes, boa parte já saturados, como é o caso do Sistema Guandu.

Sob o ponto de vista da sustentabilidade ambiental, é possível observar ainda que implementar o reúso na ETE Alegria reduziria o lançamento de matéria orgânica e nutrientes na Baía de Guanabara, representando um benefício para um estuário/ecossistema que já se encontra fortemente degradado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Atlas Esgotos: Despolição de bacias hidrográficas. Brasília, DF: ANA, 2017. 88 p
2. ARAÚJO, B. M., SANTOS, A. S. P., SOUZA, F. P. Comparativo econômico entre o custo estimado do reúso do efluente de ETE para fins industriais não potáveis e o valor da água potável para a região Sudeste do Brasil. Perspectivas Online: exatas & engenharia, p. 51-61. 2017.
3. ASADOLLAHFARDI G., DELNAVAZ M., RASHNOIEE V., GHONABADI N. Use of treated domestic wastewater before chlorination to produce and cure concrete. Construction and Building Materials. 253-261, dec. 2015.



4. CAMPOS, A. M. S. Aproveitamento de efluente tratado proveniente da ETE Alegria para reúso em áreas urbanas. Rio de Janeiro, 2018. Projeto final de graduação em Engenharia Civil – Faculdade de Engenharia – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2018.
5. COMPANHIA ESTADUAL DE ÁGUAS E ESGOTOS – CEDAE. Sobre tarifas. Disponível em: <http://www.cedae.com.br/tarifas>. Acesso em: 30 jun. 2019.
6. COMPANHIA ESTADUAL DE ÁGUAS E ESGOTOS – CEDAE. Relatório de Sustentabilidade 2017. Relatório. Rio de Janeiro, 2017.
7. FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO – FIRJAN. Cadastro Industrial do Estado do Rio de Janeiro 2015/2016. Rio de Janeiro, 2016.
8. GONÇALVES, A. B. D. e LÊU A. A.M. Produção de Concreto Utilizando Efluente Tratado Por Lagoas de Estabilização na Região Metropolitana do CARIRI (CEARÁ-BRASIL). In 30º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária. Natal, jun. 2019
9. HAAK, L., SUNDARAM, V., WARNER, R., PERI, L., PAGILLA, K. Sustainability assessment for potable reuse in Reno, NV. In: 11th IWA International Conference on Water Reclamation and Reuse. Long Beach, California. jul. 2017.
10. LIGHT. Composição da Tarifa. Disponível em: <http://www.light.com.br/para-residencias/Sua-Conta/composicao-da-tarifa.aspx>. Acesso em 30 jun. 2019.
11. MEHTA, P.K., PAULO MONTEIRO, JM., Concrete: Microstructure, Properties, and Materials, 3rd ed. McGraw-Hill Professional. 2005.
12. OBRACZKA, M.; CAMPOS, A.M.S; FAROA, A.A.; SILVA, D.R. aproveitamento de efluente tratado proveniente da ETE Alegria para reúso em áreas urbanas. In: 30º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Natal. jun. 2019.
13. PAOLINI, M. AND KHURANA, R. Admixtures for recycling of waste concrete. Cement and Concrete Composites, Vol. 20, pp. 221-9. 1998.
14. REDDY BABU G., R., MADHUSUDANA REDDY, B. VENKATA RAMANA, N. Materials Today: Proceedings. vol. 5, p. 1331-1320. jul. 2016.
15. RIO DE JANEIRO. Processo Nº E-07/100.284/2017. Dá publicidade à estrutura tarifária com reajuste das tarifas pela prestação de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro. Nº 203. p. 20. Rio de Janeiro, 1 nov. 2018.
16. SILVA JUNIOR, L. C. S. Panorama do reúso de efluentes nas estações de tratamento de esgoto nas concessionárias de saneamento da Região Sudeste. Rio de Janeiro, 2017. Projeto final de graduação em Engenharia Civil – Faculdade de Engenharia – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2017.
17. SINAPI Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. Downloads. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx>. Acesso em 30 jun. 2019.
18. TSIMAS, S., ZERVAKI, M. Reuse of waste water from ready-mixed concrete plants", Management of Environmental Quality: An International Journal, Vol. 22, Iss 1 pp. 7-17. 2017.
19. VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 4. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014.
20. ZAHNER FILHO, E. Água de reúso: estudo para fornecimento como água de amassamento. Niterói, 2014. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense, 2014.



IV – ASPECTOS SOBRE A MODELAGEM MATEMÁTICA DE TRAÇADORES EM HIDROLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS DE TRANSPORTE DE ESCALARES

Luis Carlos Soares da Silva Junior⁽¹⁾

Engenheiro Civil-Sanitarista pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Mestrando do Programa de Engenharia Civil da COPPE/UFRJ.

José Otávio Goulart Peclý⁽²⁾

Engenheiro Eletrônico (UFRJ). Mestre em Engenharia Civil pela COPPE/UFRJ, Doutor em Engenharia Oceânica pela COPPE/UFRJ. Professor do Programa de Engenharia Oceânica – COPPE/UFRJ

Endereço⁽¹⁾: Avenida Athos da Silveira Ramos, 149, Centro de Tecnologia – Bloco I, Sala I206 - Ilha do Fundão, Caixa Postal 68506, Rio de Janeiro, RJ, CEP: 21941-909 - Brasil - e-mail: luis.junior@coc.ufrj.br

RESUMO

A determinação de parâmetros de transporte de escalares possui desafios por conta da complexidade da natureza dos corpos d'água. O uso de traçadores em hidrologia se apresentam como uma técnica conveniente para aplicações onde metodologias convencionais não sejam adequadas. O presente trabalho apresenta alguns aspectos sobre o processamento e modelagem de traçadores em hidrologia para obtenção de parâmetros hidráulicos e de transporte de escalares em rios. Foram apresentadas as simplificações utilizadas para a obtenção de uma solução analítica unidimensional que represente o comportamento de traçadores em corpos hídricos. Concluiu-se que há diversas metodologias existentes para a determinação dos parâmetros de transportes e uma vasta gama de aplicações para o uso dessa técnica, em particular para servir como ferramenta de apoio a gestão de recursos hídricos nas bacias hidrográficas.

PALAVRAS-CHAVE: Traçadores em hidrologia, medição de vazão, transporte advectivo-difusivo

INTRODUÇÃO

Define-se como traçador qualquer substância ou produto que incorporado à massa de outra substância permite estudar seu comportamento em relação a um determinado processo físico ou químico (Bedmar, 1972).

O uso de traçadores em hidrologia se dá, por exemplo, quando, o fluxo em um rio é muito rápido, com pouca profundidade, onde a seção é de difícil determinação ou se a água está transportando materiais que podem danificar o medidor (International Atomic Energy Agency, 1983). De acordo com Leibundgut *et al.* (2009), traçadores em hidrologia são aplicados principalmente para:

- determinação quantitativa de propriedades de escoamento como velocidade da água, condutividade hidráulica, dispersão, porosidade, tempo de trânsito, volume de água e vazão líquida;
- calibração ou validação de modelos numéricos de vazão e transporte de escalares.

A estimação de valores dos parâmetros de experimentos com traçadores só é possível com o uso de um modelo matemático adequado: o modelo selecionado deve refletir o transporte e o comportamento do traçador em um sistema estudado.

Para selecionar o tipo de traçador a utilizar para realizar um dado experimento deve-se, primeiramente, conhecer os traçadores disponíveis para aplicação em hidrologia. A Tabela 1 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta uma classificação dos principais tipos de traçadores de acordo com suas características.



Tabela 1 - Classificação de traçadores ambientais e artificiais

TRAÇADORES NATURAIS		TRAÇADORES ARTIFICIAIS			
ISÓTOPOS AMBIENTAIS		RADIOATIVOS		INATIVOS	
Estáveis		Tritio ^3H		Substância solúveis	
Deutério ^2H		Sódio-24 ^{24}Na		$\text{Na}^+ \text{Cl}^-$	Substâncias flutuantes
Oxigênio-18 ^{18}O		Crômio-51 ^{51}Cr		$\text{K}^+ \text{Cl}^-$	Fluorescentes
Carbono-13 ^{13}C		Colbato-58 ^{58}Co		$\text{Li}^+ \text{Cl}^-$	Bactérias
Hélio-3 ^3H		Bromo-82 ^{82}Br		HBO	Vírus
Enxofre-34 ^{34}S		Iodo-131 ^{131}I			Fungos
		Ouro-198 ^{198}Au			Licopodiosporos
Radioativos		Ativáveis		Traçadores fluorescentes	
Tritio ^3H		Bromo		Uranina	
Carbono-14 ^{14}C		Índio		Eosina	Especial
Silício-32 ^{32}Si		Manganês		Amidorodamina	Magnéticos
Cloro ^{36}Cl		Lantânio		Rodamina	
Argônio-37 ^{37}Ar		Disprósio		Naftionato	
Crípton-81 ^{81}Kr				Piranina	
Crípton-85 ^{85}Kr				Tinopalo	
Freon				Flavina	
Componentes químicos					
Condutividade $\mu\text{S/cm}$					
Sódio Na					
Outros Si, etc					
Traçadores de poluição		Exemplos: Cloretos, metais pesados, detergentes, substâncias radioativas, FCKW, ^{222}Rn , etc.			

Fonte: Adaptado de Külls, 2015.

Os traçadores artificiais mostram-se vantajosos por serem mais baratos e de utilização mais simples. Külls (2015) afirma que traçadores artificiais ideais são eficientes, conservativos, estáveis, ambientalmente amigáveis e baratos. É importante realçar que traçadores artificiais devem possuir as seguintes propriedades:

- boa solubilidade em água;
- baixa adsorção;
- alta estabilidade química;
- baixa degradação biológica;
- baixa sensibilidade à luz;
- pequena dependência do pH;
- intensidade de fluorescência com baixa dependência térmica;
- baixa ecotoxicidade;
- baixo custo.

Após escolhido o traçador para realização do ensaio de campo, deve-se introduzir o traçador no corpo hídrico para avaliar a sua diluição no tempo e no espaço. Existem dois métodos para introduzir os traçadores no meio estudado: injeção instantânea e injeção contínua. Ambas diferem no modo de aplicação, porém possuem



o mesmo princípio, são baseadas na medida de concentração de traçadores numa seção a jusante do ponto de injeção (INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 1983).

OBJETIVO

O presente trabalho apresenta alguns aspectos sobre o processamento e modelagem de traçadores em hidrologia para obtenção de parâmetros de transporte de escalares em rios, tais como velocidade, vazão, coeficiente de dispersão e tempo de trânsito característico.

METODOLOGIA

Para iniciar a conceituação discute-se o uso de traçadores em aplicações hidrológicas através de suas funções estímulo e resposta (relações de *input* e *output*), além das diferentes respostas do corpo receptor em função do tipo de traçador utilizado.

Após consolidados os princípios da aplicação, são apresentadas as modelagens matemáticas envolvidas no processo de quantificação de parâmetros de transporte. As aplicações, e suas respectivas simplificações, são divididas de acordo com as suas dimensões: tridimensional, bidimensional e unidimensional.

Por fim, são apresentadas as soluções básicas da equação unidimensional já conhecidas para estimar os parâmetros de transporte em rios.

ASPECTOS SOBRE A MODELAGEM DO TRANSPORTE DE ESCALARES

A técnica de traçadores em hidrologia pode ser utilizada em todos os componentes do ciclo hidrológico, garantindo uma vasta aplicabilidade da técnica. Diversos processos podem ser quantificados a partir do uso de traçadores, tais como recarga de aquíferos, geração de escoamento superficial, levantamento do transporte de água e poluentes em corpos hídricos naturais e artificiais, tempo de residência em reservatórios e reatores, entre outros (LEIBUNDGUT *et al.*, 2009).

O aspecto conceitual que norteia a medição com traçadores é criar um estímulo no corpo d'água a ser estudado (injeção do traçador) e analisar como esse estímulo se comporta após uma série de processos que ocorreram ao longo do trajeto percorrido, caracterizando-se como um modelo caixa-preta, assim como esquematizado na Figura 1.



Figura 1 - Esquema estímulo-resposta do uso de traçadores em hidrologia (Fonte: Roldão e Pecly, 2016).

O uso de traçadores em hidrologia se resume em três tipos de função de estímulo, são essas as injeções instantânea, contínua e a não-uniforme. As primeiras são utilizadas quando há uma aplicação de forma intencional, como injeção de traçadores fluorescentes, por exemplo. Enquanto a não uniforme, se dá nos casos de traçadores ambientais onde não dá controle da injeção, portanto as concentrações variam no tempo e espaço sem uma função definida. A Figura 2 apresenta o diagrama que correlaciona como se comportam as funções de estímulo através da função resposta.

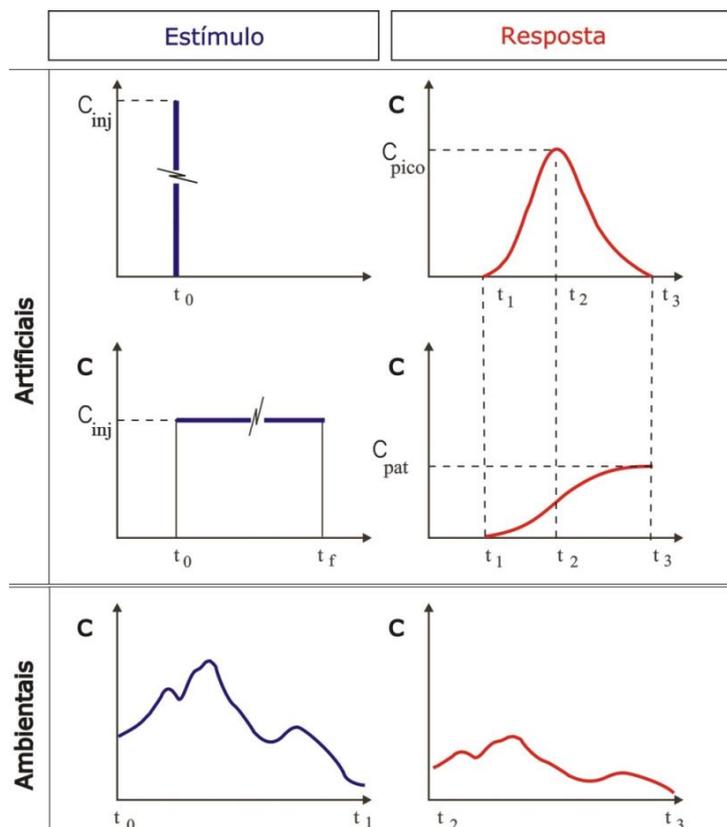


Figura 2 - Diagrama de funções de estímulo e respectiva resposta de traçadores em recursos hídricos (Fonte: Roldão e Peçly, 2016).

Abordagem tridimensional

A relação entre as funções de estímulo e resposta podem ser expressas segundo equações matemáticas que descrevem o comportamento das partículas de traçador se movendo e se dispersando ao longo do curso do corpo d'água (Bear, 1961; Scheidegger, 1961). Essa modelagem matemática é expressa pela Equação 1 de transporte advectivo-difusivo tridimensional para escoamento permanente e esquematizado na Figura 3.

Equação 1 - Equação geral de transporte advectivo-difusivo tridimensional

$$D_{xx} \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + D_{yy} \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + D_{zz} \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} - v \frac{\partial C}{\partial x} = \frac{\partial C}{\partial t}$$

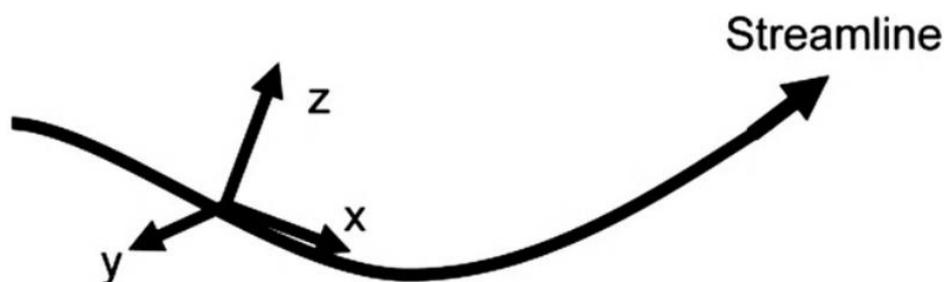


Figura 3 - Representação do sistemas de coordenadas com X tangente ao sentido do escoamento (Fonte: Leibundgut et al., 2009).

Para o caso de ensaio em águas subterrâneas, em um aquífero homogêneo, o traçador é verticalmente bem misturado no poço de injeção e o gradiente de concentração vertical é zero.



$$\frac{\partial C}{\partial z} = 0$$

Abordagem bidimensional

Assumindo que o eixo X é paralelo a direção do escoamento e a difusão molecular é desprezível, a equação de transporte pode ser reduzida a forma bidimensional, como na Equação 2 de transporte advectivo-difusivo bidimensional e esquematizado na Figura 4.

Equação 2 - Equação de transporte advectivo-difusivo bidimensional

$$D_L \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + D_T \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + -v \frac{\partial C}{\partial x} = \frac{\partial C}{\partial t}$$

Onde: D_L representa a dispersão longitudinal e D_T a dispersão transversal e v a velocidade

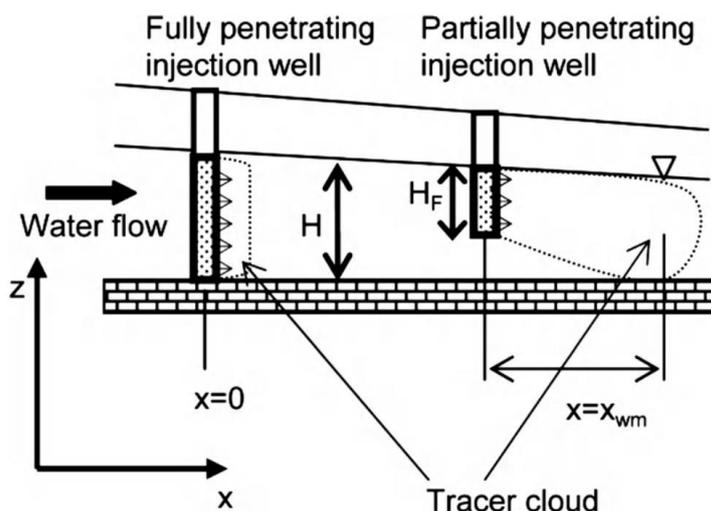


Figura 4 - Esquema da injeção de traçador em poços (Fonte: Leibundgut *et al.*, 2009)

Abordagem unidimensional

Em alguns casos, a dispersão transversal é desprezível e pode ser desconsiderada. Em um rio, por exemplo, o traçador se comporta unidimensionalmente após a distância de bom misturamento. A distância de bom misturamento é aquela na qual a concentração de um constituinte é uniforme ao longo da largura de um canal, ou seja, o gradiente de concentração do traçador no eixo Y é zero.

$$\frac{\partial C}{\partial y} = 0$$

Para tal, a equação de transporte advectivo-difusivo pode ser reduzida a forma unidimensional, considerando o eixo X paralelo a direção do escoamento, como na de transporte advectivo-difusivo unidimensional.

Equação 3 - Equação de transporte advectivo-difusivo unidimensional

$$D_L \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - v \frac{\partial C}{\partial x} = \frac{\partial C}{\partial t}$$

A modelagem da solução das equações se dá assumindo a hipótese de que a injeção da massa M do traçador no corpo d'água se dá de maneira instantânea como um pulso, dado o tempo do ensaio, portanto, $T_{inj} \approx 0$, o que é, matematicamente descrito pela função de Dirac $\delta(t)$.



Em experimentos realizados com colunas líquidas, a equação de transporte unidimensional se mostrou aplicável com as seguintes condições iniciais (6) e (7) e de contorno (8):

$$\begin{aligned}C(x=0, t) &= \frac{M}{Q} \delta(t) \\C(x, t=0) &= 0 \\ \lim_{x \rightarrow \infty} C(x, t) &= 0\end{aligned}$$

Onde: M é a massa de traçador injetado e Q é a vazão que passa através da coluna d'água.

Essas condições assumem que o traçador é injetado no curso d'água no ponto $x=0$ e que o traçador está homogeneamente misturado na seção analisada. Similarmente ao que foi proposto por Taylor em 1953, Kreft e Zuber (1978) propuseram uma solução analítica Equação 4 para a equação de transporte advectivo-difusivo unidimensional (Equação 4).

Equação 4 - Solução para a equação de transporte advectivo-difusivo unidimensional

$$C(x, t) = \frac{M}{Q} \frac{x}{\sqrt{4\pi D_L t^3}} e^{-\frac{(x-vt)^2}{4D_L t}}$$

De acordo com Rigo (1992), há diversas maneiras de quantificar o coeficiente de dispersão longitudinal de um canal. Dentre as diferentes maneiras, há as fórmulas empíricas, como as de: Mcquivey e Keefer (1974), Fischer (1975), Liu (1977) e Petersen (1977); os métodos analíticos, dos quais, pode-se citar os métodos de: Fischer (1967) e Jain (1976); e os métodos com uso de traçador, como por exemplo: o método de variação dos momentos, ajuste com uma solução da equação de dispersão unidimensional e métodos de convolução.

Leibundgut *et al.* (2009) indicam três metodologias para estimar os parâmetros de transporte: o método dos mínimos quadrados combinados, método dos momentos e o método da curva cumulativa. Barbosa Júnior *et al* (2005) analisaram cinco diferentes métodos: método dos momentos, método da propagação, método de Chatwin, método do pico de concentração (MPC) e método da coroa de concentração (MCC). Devens *et al* (2006) aplicou a técnica de regressão linear múltipla na qual uma equação simples que relaciona o coeficiente com as características geométricas e hidrodinâmicas do escoamento.

A partir dos modelos apresentados, é possível aplicar traçadores nos mais diversos corpos d'água de forma a determinar parâmetros hidráulicos importantes para gestão de recursos hídricos, tais como velocidade, vazão, tempo de trânsito. Além de servirem de subsídio para modelagem numérica de contaminantes miscíveis em água, tais como esgotos, despejos industriais, líquidos vazados em acidentes rodoviários, entre outros.

Alguns exemplos práticos de aplicação da técnica de traçadores evidenciam sua relevância para o estudo e gestão de recursos hídricos: simulação de despejos acidentais na bacia do rio Guandu/RJ (GIORI, 2011), estudo de impacto de um emissário submarino industrial no ES (BARBOSA, 2012), determinação de características de transporte e dispersão no rio Piabanha/RJ (SILVA, 2013), entre outros diversos estudos realizados pelo Laboratório de Traçadores da COPPE/UFRJ.

CONCLUSÕES

Foram apresentados alguns aspectos sobre o tema de traçadores naturais e artificiais notadamente os principais aspectos relativos à modelagem matemática e determinação dos parâmetros de transporte em rios. O uso de traçadores em hidrologia requer, entretanto, equipamentos e pessoal especializado.

A técnica de traçadores se mostra satisfatória para gestão dos recursos hídricos ao disponibilizar diversas ferramentas úteis para utilização em comitês de bacia hidrográfica, órgãos ambientais e tomadores de decisão.



Os parâmetros determinados potencializam a relevância sistemas de apoio a decisão por possuir garantias práticas que validam diagnósticos e assim habilitando modelos a criarem prognósticos mais realistas. Podem ainda apresentar ainda elementos que facilitam o entendimento científico da natureza de bacias e corpos d'água.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARBOSA, F.R. (2012). “Modelagem computacional do campo de diluição de emissários submarinos com suporte de técnicas de traçadores e sensoriamento remoto”. 236 p. Tese de Mestrado em Engenharia Civil – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
2. BARBOSA JUNIOR, A.R.; SILVA, G.Q.; NEVES, B.V.B.; DEVENS, J.A. (2005). “Métodos diretos de determinação do coeficiente de dispersão longitudinal em cursos d'água naturais: Parte 2 - Aplicação e comparação dos métodos”. Revista Escola de Minas, v. 58, n. 2, p. 139-145.
3. BEAR, J. (1961). “On the tensor form of dispersion in porous media”. Journal of Geophysical Research, 66, 1185–1197.
4. BEDMAR, P.A. (1972). Isótopos em Hidrologia, Ed. Allambra, Barcelona.
5. DEVENS, J.A.; BARBOSA JUNIOR, A.R.; SILVA, G.Q. (2006). Modelo de quantificação do coeficiente de dispersão longitudinal de pequenos cursos de água naturais. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental. v. 11, n. 3, p. 269-276.
6. GIORI, J.Z. (2011). “Análise dos Efeitos de Despejos Acidentais de Poluentes em Corpos Hídricos usando Traçadores Fluorescentes - Estudo do Caso: Bacia do rio Guandu/RJ”. 118 p. Tese de Mestrado em Engenharia Civil – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
7. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (1983) Guidebook on nuclear techniques in hydrology. Technical reports series No. 91. Viena.
8. KREFT, A.; ZUBER, A. (1978). “On the physical meaning of the dispersion equation and its solutions for different initial and boundary conditions”. Chemical Engineering Science, 33, 1471–1480.
9. KÜLLS, C. (2015) Tracers in Hydrology. Notas de aula da Lübeck Universit of Applied Sciences.
10. LEIBUNDGUT, C.; MALOSZEWSKI, P.; KÜLLS, C. (2009) Tracers in Hydrology. Ed. John Wiley & Sons. Cingapura.
11. RIGO, D. (1992). “Dispersão longitudinal em rios: desempenho de métodos de previsão e de traçadores fluorescentes”. 156 p. Tese de Mestrado em Engenharia Civil – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
12. Roldão, J.S.F.; Pecly, J.O.G. (2015). Traçadores em Hidrologia, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil PEC/COPPE/UFRJ, Apostila do curso COC 717 – Laboratório de Traçadores.
13. SCHEIDEGGER, A.E. (1961). “General theory of dispersion in porous media”. Journal of Geophysical Research, 66, 3273–3278.
14. SILVA, P.V.R.M. (2013). “Uso de traçadores fluorescentes para determinar características de transporte e dispersão no rio Piabanha/RJ”. 173 p. Tese de Mestrado em Engenharia Civil – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.



I – AVALIAÇÃO DE RISCO BASEADA NA METODOLOGIA DO PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA: O ESTUDO DE CASO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DO MUNICÍPIO DE VIANA – ESPÍRITO SANTO

Márcio Nolasco Vargas⁽¹⁾

Engenheiro de Petróleo pela Universidade Vila Velha (UVV). Pós-graduando em Engenharia de Segurança do Trabalho na Universidade Vila Velha (UVV). Mestrando no curso de Mestrado Profissional em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável na Universidade Federal do Espírito Santo (PPGES/UFES).

Endereço⁽¹⁾: Rua Bernardo Schineider, 116 - Centro - Vila Velha-ES - CEP: 29.100-170 - Brasil.
Tel: (27) 98117-6884 - e-mail: marcionvargas@gmail.com

Edumar Ramos Cabral Coelho⁽²⁾

Engenheira Civil. Doutora em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC/USP). Professora Associada do Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

Endereço⁽²⁾: Av. Fernando Ferrari S/N. UFES - Goiabeiras - Vitória-ES - CEP 29.060-970 - Brasil.
Tel: (27) 3335-2065 - e-mail: edumar.coelho@ufes.br

Mario Rodrigues Peres⁽³⁾

Engenheiro Ambiental. PhD pela Escola de Meio Ambiente e Tecnologia de Brighton – Inglaterra. Professor do Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

Endereço⁽³⁾: Av. Fernando Ferrari S/N. UFES - Goiabeiras - Vitória-ES - CEP 29.060-970 - Brasil.
Tel: (27) 3335-2065 - e-mail: mariorope@hotmail.com

RESUMO

A aplicação da avaliação de risco visando a garantia de segurança da qualidade da água potável está descrita na Portaria de Consolidação N° 5/2017 do Ministério da Saúde, Anexo XX, conforme os princípios do Plano de Segurança da Água (PSA). Logo, faz-se necessário que as companhias responsáveis pelo Sistema de Abastecimento de Água (SAA) obtenham o controle e a vigilância da qualidade da água em todo o SAA. Para tal, a Organização Mundial da Saúde (OMS) introduziu conceitos bases que ressaltam, não somente a vigilância e o controle, mas a importância da realização da avaliação de risco à saúde em cada processo do SAA (captação, tratamento e distribuição). O presente trabalho aborda um estudo de caso da avaliação de risco na Estação de Tratamento de Água (ETA) no município de Viana-ES, Brasil. Foi utilizada uma abordagem de análise de risco focada na identificação dos perigos e eventos perigosos com a aplicação de *checklist* e em sequência a caracterização (classificação) semi-quantitativa de cada risco. A metodologia proposta por este estudo baseou-se nas diretrizes da OMS (2011), Brasil (2012) e no *Manual de Plano da Segurança da Água - Gestão de risco passo a passo para fornecedores de água potável* da OMS (2009). Como resultados, obteve-se o detalhamento do processo de tratamento da ETA, o diagrama de fluxo, avaliação dos riscos e o mapeamento quantitativo dos riscos dentro de cada etapa de tratamento da ETA.

PALAVRAS-CHAVE: Análise de Risco. Plano de Segurança da Água. Identificação de Perigos. Vigilância da Qualidade da Água. Controle da Qualidade da Água.



INTRODUÇÃO

Devido ao aumento da população global e consequentemente o aumento do acesso a água potável, surgem desafios adicionais na avaliação de risco e metodologias de gerenciamento de risco para o controle de qualidade da água. Muitos Sistemas de Abastecimento de Água (SAA), não atendem aos padrões exigidos de água potável (qualidade, quantidade, pressão, continuidade de abastecimento), que por vezes, fornecem uma água que foi processada por etapas de tratamento de água, mas que ainda, pode acarretar riscos à saúde (VIEIRA, 2011).

Além dos processos de tratamento físico-químicos e bacteriológicos aplicados na água bruta, é fundamental a elaboração de ferramentas preventivas como o Plano de Segurança da Água (PSA). O objetivo da avaliação de risco é identificar as principais dimensões dos riscos para que uma abordagem proativa seja realizada, ao invés de uma corretiva, garantindo a segurança e a saúde para a população abastecida (POST; THOMPSON; MCBEAN, 2017).

Desta forma, a metodologia de avaliação preventiva do SAA nos moldes do PSA, visa obter a melhoria contínua, bem como, a avaliação e melhoria do próprio PSA. Para isso, fundamenta-se nos princípios de múltiplas barreiras, boas práticas, análise de risco, gestão da qualidade e Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) (VIDAL *et al.*, 2018).

De acordo com Sorlini *et al.* (2017), é possível realizar a avaliação de risco especificamente na ETA. Para isso, deverá ser realizada a identificação dos perigos e eventos perigosos, e então, proceder com a caracterização dos riscos.

Assim, após listados os perigos e eventos perigosos, o próximo passo é aplicar as metodologias de classificação de riscos, conforme as diretrizes da OMS. Com a criação minuciosa da matriz de classificação dos riscos, além de se obter o conhecimento da cadeia de produção da água potável, os pontos vulneráveis do SAA poderão ser identificados (OMS, 2011; VENTURA; VAZ FILHO; NASCIMENTO, 2019).

Neste contexto, o presente trabalho objetiva uma avaliação de risco aplicada na ETA do município de Viana/Espírito Santo, baseada nos preceitos metodológicos do PSA. Tal metodologia inicia-se com o conhecimento da área de estudo (etapa preliminar), identificação dos perigos e eventos perigosos através de *checklist*, e posteriormente, a classificação dos riscos na matriz de avaliação de risco semi-quantitativa (etapa de avaliação dos riscos).



MATERIAIS E MÉTODOS

O presente artigo é decorrente da pesquisa desenvolvida pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) em parceria com a Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN) realizada nos anos de 2018 e 2019.

A metodologia desenvolvida orientou-se nas diretrizes da OMS (2011) e nas diretrizes do Brasil (2012), que por sua vez, baseia-se também nas recomendações da OMS. Por isso, o desenvolvimento metodológico da pesquisa teve como pilares as duas referências supramencionadas, bem como, o Manual de Plano da Segurança da Água - Gestão de risco passo a passo para fornecedores de água potável da OMS (2009). Outras publicações, como o Relatório de implantação do PSA do município de Viçosa/MG – Projeto Piloto (BRASIL, 2009).

Etapas da pesquisa:

1. Etapa preliminar (registros documentais e observação direta).
2. Avaliação dos riscos (observação direta).

PRIMEIRA ETAPA: ETAPA RELIMINAR

Os registros documentais foram realizados por uma revisão bibliográfica pertinente aos objetivos e aos princípios do PSA, características operacionais de ETA, aos métodos de identificação de perigos/eventos perigosos e a caracterização de riscos existentes nas literaturas científicas, bem como, documentos que descrevem a ETA em estudo disponibilizados pela companhia de saneamento e disponíveis *on-line*.

A observação direta foi realizada por meio de registros de fotos e vídeos na ETA, cujo objetivo de descrever a ETA, localizar possíveis perigos ou eventos perigosos e auxiliar na criação do diagrama de fluxo da ETA conforme recomenda a OMS (BRASIL, 2012; OMS, 2009, 2011).

SEGUNDA ETAPA: AVALIAÇÃO DOS RISCOS

A segunda etapa foi composta pela observação direta *in-loco*, aplicando o *checklist* para identificar os perigos e eventos perigosos, e posteriormente, os perigos e eventos perigosos listados como “sim” no *checklist* (BRASIL, 2009) e/ou identificados nos registros fotográficos foram correlacionados (ex.: *checklist* item nº 1.1.2 ou registro fotográfico) e organizados numa matriz de classificação de riscos no *excel* (.xlsx).

Na matriz de classificação de riscos, cada perigo ou evento perigoso foi minuciosamente classificado conforme a Tabela 1. Assim, os mesmos foram classificados quanto a probabilidade de ocorrência e a gravidade das consequências (BRASIL, 2012; OMS, 2009, 2011).



Tabela 1 – Classificação dos perigos e eventos perigosos

Item	Classificação	Definição
Probabilidade		
Quase certo	5	Evento muito comum, ocorre regularmente (1 vez por dia)
Provável	4	O evento já ocorreu antes e provavelmente pode ocorrer (1 vez por semana)
Possível	3	O evento pode ocorrer (1 vez por mês)
Improvável	2	O evento pode não ocorrer (1 vez por ano)
Raro	1	Evento muito incomum - provavelmente não ocorrerá (1 vez a cada 5 anos)
Gravidade das consequências		
Catastrófico	5	Potencial para causar mortes (impacto na saúde pública)
Grande	4	Potencial para causar doenças e hospitalização de pessoas dentro de uma comunidade
Moderado	3	Potencial para causar doença
Pequeno	2	Potencial para causar pouca irritação ou desconforto
Insignificante	1	Não há potencial para causar danos à saúde pública dentro de uma comunidade

Fonte: adaptado de OMS (2009, 2011).

Após a classificação (probabilidade e gravidade) dos perigos e eventos perigosos o grau de risco é encontrado. O grau de risco é o valor determinado pelo produto da probabilidade ocorrência do perigo/eventos perigosos pela a gravidade da consequência conforme demonstrado no Quadro 1. Desta forma, o perigo ou evento perigoso foi enquadrado de numa escala quantitativa (de 1 a 5), obtendo o resultado do grau de risco qualitativo (baixo, médio, alto e muito alto) (BRASIL, 2012; OMS, 2009, 2011).

Quadro 1 – Matriz semi-quantitativa de classificação do grau de risco

Probabilidade	Gravidade das consequências				
	Insignificante (1)	Pequeno (2)	Moderado (3)	Grande (4)	Catastrófico (5)
Quase certo (5)	Baixo (5)	Alto (10)	Alto (15)	Muito alto (20)	Muito alto (25)
Provável (4)	Baixo (4)	Médio (8)	Alto (12)	Muito alto (16)	Muito alto (20)
Possível (3)	Baixo (3)	Médio (6)	Médio (9)	Alto (12)	Alto (15)
Improvável (2)	Baixo (2)	Baixo (4)	Médio (6)	Médio (8)	Alto (10)
Raro (1)	Baixo (1)	Baixo (2)	Baixo (3)	Baixo (4)	Baixo (5)

Fonte: adaptado de OMS (2011).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

RESULTADOS DA ETAPA PRELIMINAR

Os resultados da etapa preliminar permitiram o planejamento dos trabalhos para a etapa seguinte, o levantamento das informações necessárias, a constituição da equipe técnica de avaliação dos riscos, a criação do diagrama de fluxo e a descrição da ETA e seus processos.



A ETA encontra-se localizada no município de Viana-ES, contempla o tratamento completo convencional, com unidades de coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção, correção de pH e fluoretação conforme é demonstrado na Figura 1 no diagrama de fluxo.

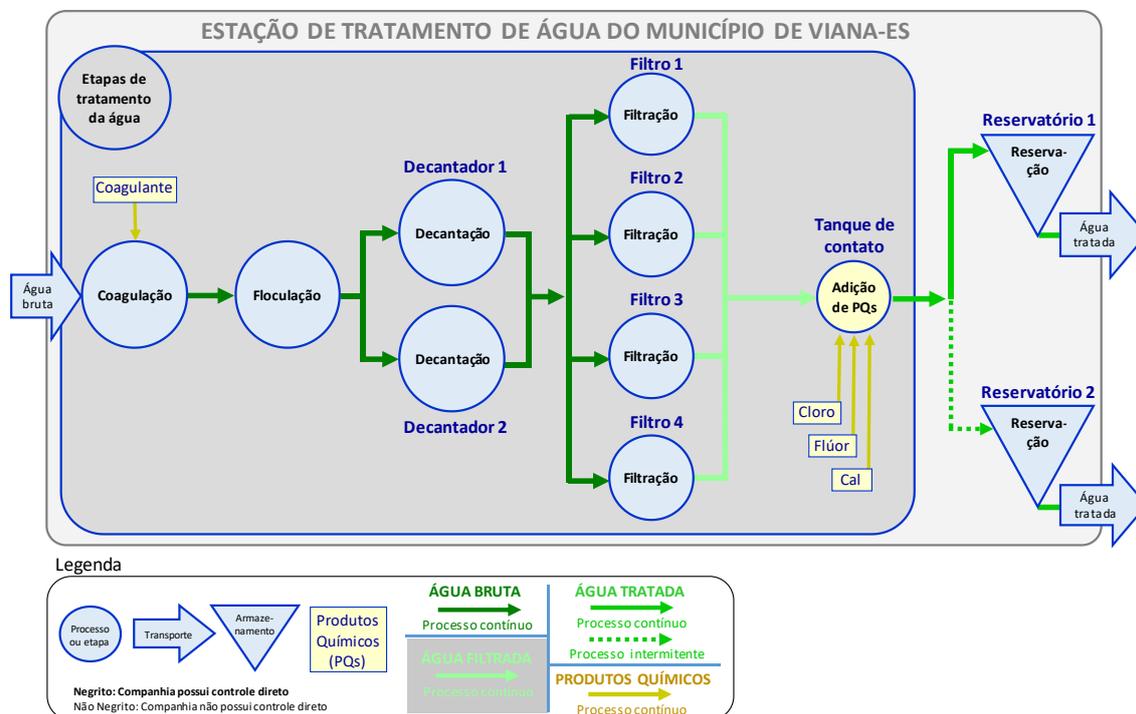


Figura 1 – Diagrama de Fluxo da ETA do município de Viana-ES

Fonte: criado pelo autor. Adaptado de OMS (2009).

A ETA foi concebida em março de 2013 com vazão de projeto de 60 litros/segundo, atualmente trabalha com uma vazão média de 52 litros/segundo. Embora seja abastecida por dois mananciais superficiais (Rio Formate e Ribeirão Santo Agostinho), a admissão da água bruta na ETA chega de forma unificada, o que dificulta o estudo da água bruta separadamente. O Rio Formate abastece a ETA por gravidade e o Ribeirão Santo Agostinho por bombeamento.

Possui dois reservatórios, sendo um denominado de “Reservatório antigo” (Reservatório 1), pois pertencem à ETA antiga que hoje encontra-se desativada. Cada reservatório tem a capacidade de reserva de 300m³ de água tratada, totalizando em 600m³ de capacidade de reserva nas dependências da ETA.



RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DOS RISCOS

De posse dos resultados da etapa preliminar, partiu-se para a avaliação dos riscos. A primeira etapa da classificação dos riscos foi composta pela identificação dos perigos e eventos perigosos. Para isso utilizou-se *checklist* na identificação dos mesmos. O Quadro 2 demonstra um extrato (uma parte) do *checklist* aplicado para a identificação dos perigos/eventos perigosos na etapa/processo de floculação.

Quadro 2 – Extrato do *checklist* aplicado na etapa de floculação

	Ref. / índice	Perigo/Eventos Perigosos	Sim	Não
(2) Floculação	T-2.12	Inexistência de uma distribuição decrescente de gradientes entre as câmaras		X
	T-2.13	Gradientes excessivos		X
	T-2.14	Gradientes reduzidos		X
	T-2.15	Gradiente nas passagens superior ao da câmara anterior		X
	T-2.16	Deposição excessiva de sedimentos no floculador		X
	T-2.17	Problemas estruturais nas instalações do floculador		X
	T-2.18	Necessidade de trocas das chicanas	X	
	T-2.19	Existência excessiva de fluxos preferenciais, afetando o perfil hidráulico do floculador		X
	T-2.20	TDH inadequado		X
	T-2.21	Intervalo de tempo excessivo entre as operações de limpeza	X	
	T-2.22	Ausência de tratamento do lodo	X	

Fonte: adaptado de Brasil (2009).

Após a aplicação do *checklist* em todas as etapas/processos da ETA, partiu-se para a próxima etapa de avaliação dos riscos. Nesta próxima etapa foi criada uma matriz contendo os perigos/eventos perigosos (que foram listados como “sim” no *checklist*) conforme metodologias recomendadas pela OMS (BRASIL, 2012; OMS, 2009, 2011). Tal matriz, denominada de “Matriz de classificação dos riscos” conforme demonstrado no Quadro 3, também foram inseridos os potenciais perigos/eventos perigosos encontrados na inspeção *in-loco* através dos registros fotográficos.

Quadro 3 – Extrato da Matriz de classificação dos riscos para floculação

Etapa / processo	Ref. / docum.	Ref. / índice	Causa / Evento Perigoso	Perigo	Probabilidade	Gravidade	Risco
Floculação	<i>Checklist / Registro Fotográfico</i>	T-2.18 / Foto 1	Chicanas do floculador deterioradas.	físico microbiológico	5	3	Alto
Floculação	<i>Checklist</i>	T-2.21	Ausência de limpeza periódica dos floculadores da ETA.	físico microbiológico	5	3	Alto
Floculação	<i>Checklist</i>	T-2.22	Ausência de tratamento e disposição de lodo do floculador.	físico químico microbiológico	5	4	Muito alto

Fonte: criado pelo autor. Adaptado de OMS (2009, 2011).

Ainda na matriz de classificação dos riscos, os perigos e eventos perigosos foram classificados numa escala de 1 a 5, tanto a probabilidade de ocorrência quanto a gravidade da consequência, conforme demonstrada na Tabela 1 em Materiais e Métodos. Logo, a multiplicação numérica da probabilidade pela gravidade resulta no valor do grau de risco que classifica qualitativamente o grau de risco em baixo, médio, alto e muito alto conforme é demonstrado no Quadro 1.



Assim, após a avaliação dos riscos em cada etapa do tratamento de água da ETA, um esquemático foi criado de modo a obter uma melhor visualização dos riscos levantados na avaliação. Tal esquemático, com o mapeamento quantitativo dos riscos é demonstrado na Figura 2, onde as cores, conforme legenda, apresenta o grau qualitativo do risco e os valores numéricos são a quantidade de cada risco. Por exemplo, na etapa de coagulação observa-se um risco “alto” (na cor laranja) e dois riscos “baixo” (na cor verde).



Figura 2 – Mapeamento quantitativo dos riscos da ETA Viana-ES

Fonte: criado pelo autor.

CONCLUSÕES

A utilização da metodologia do PSA na avaliação dos riscos na ETA do município de Viana foi de grande importância tanto no contexto de conhecer os riscos inerentes aos processos de tratamento, quanto na ampliação do conhecimento de avaliação de riscos. Tal metodologia, demonstrou-se como um instrumento preventivo para alertar os possíveis riscos que possam estar presentes nas ETAs.

A construção e concepção do diagrama de fluxo da ETA permitiu descrever com maior clareza as etapas (ou processos), bem como, auxiliou no mapeamento quantitativo dos riscos inerentes a cada etapa existente na ETA. A utilização do *checklist*, mostrou-se uma ferramenta de fácil aplicação, otimizando o tempo na etapa de identificação dos perigos e eventos perigosos.

Foi possível concluir que dentre as etapas que obtiveram maiores graus de risco na ETA de Viana-ES, colocando-as em ordem de importância, foi a etapa de reservação,



floculação, filtração e decantação. Tais etapas apresentaram riscos muito altos e altos (com exceção da decantação somente um risco muito alto). A coagulação e a adição de produtos químicos não apresentaram riscos muito altos, somente um alto.

Cabe ressaltar, que a avaliação de risco deve ser realizada de forma contínua, sempre revendo os riscos e melhorando o processo de avaliação. Como recomendação, o presente trabalho indica que medidas de mitigação dos riscos deverão ser realizadas, na forma de minimizar ou eliminar a ocorrência do risco. Recomenda-se também a ampliação ou continuação deste estudo, de modo, a conhecer os pontos críticos de controle nas etapas de tratamento da água na ETA de Viana, mas que este não era objetivo do presente estudo.

REFERÊNCIAS

BRASIL. (2009) Ministério da Saúde. *Relatório de implantação do Plano de Segurança da Água - Projeto Piloto Brasil - PSA/UFV*. Universidade Federal de Viçosa (UFV), p. 193.

_____. (2012) Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. *Plano de Segurança da Água: Garantindo a qualidade e promovendo a saúde: um olhar do SUS*. 1a ed. Brasília: Ministério da Saúde. 60 p. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/plano_seguranca_agua_qualidade_sus.pdf Acesso: 08 mai 2018

Organização Mundial da Saúde (OMS). (2009) *Water Safety Plan Manual: Step-by-step risk management for drinking-water suppliers*. Genebra: WHO Library.

_____. (2011) *Guidelines for Drinking-water Quality*. 4. ed. Genebra: WHO Library.

POST, Y.; THOMPSON, E.; MCBEAN, E. (2017) Insights into the challenges of risk characterization using drinking water safety plans. *Canadian Journal of Civil Engineering*, v. 44, n. 5, p. 321–328. <https://doi.org/10.1139/cjce-2016-0573>

SORLINI, S.; BIASIBETTI, M.; ABBÀ, A.; COLLIVIGNARELLI, M.C.; DAMIANI, S. (2017) Water Safety Plan for drinking water risk management: the case study of Mortara (Pavia, Italy). *Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, v. 12, n. 4, p. 513. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.2102>

VENTURA, K. S.; VAZ FILHO, P.; NASCIMENTO, S. G. (2019) Plano de segurança da água implementado na estação de tratamento de água de Guaraú, em São Paulo. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v. 24, n. 1, p. 109–119. <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522019169881>

VIDAL, A.P.; CABRERA, L.G.D.; RIVERA, J.C.E.; VÉLEZ, C.H.C.; LOZADA, P.T. (2018) Hazard analysis and critical control points in conventional water treatment plants. *Interciencia*, v. 43, n. 2, p. 85–92. https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2018/03/85-PEREZ-VIDAL-43_02.pdf

VIEIRA, J. M. P. (2011) A strategic approach for Water Safety Plans implementation in Portugal. *Journal of Water and Health*, v. 9, n. 1, p. 107–116. <https://doi.org/10.2166/wh.2010.150>



**AVALIAÇÃO DE RISCO RELATIVO DE DOENÇAS DE FONTES DE
ABASTECIMENTO INDIVIDUAL DE ÁGUA SUBTERRÂNEA LOCALIZADAS NO
BAIRRO GURIRI, SÃO MATEUS-ES**

Tamires Lima da Silva ⁽¹⁾ Engenheira Ambiental pela MULTIVIX- campus Nova Venécia. Mestranda em Agronomia: Irrigação e Drenagem pela Faculdade de Ciências Agrômicas- Unesp campus Botucatu.

Fernando Soares de Oliveira ⁽²⁾

² Doutor em Ciência Florestal pela Universidade Federal de Viçosa. Agente de Pesquisa e Inovação em Desenvolvimento Rural do INCAPER.

Talita Aparecida Pletsch ⁽³⁾

³ Doutora em Agronomia-Irrigação e Drenagem pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Professora EBTT e pesquisadora DCR-CNPq do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Campus Montanha

Daniela Teixeira Ribeiro ⁽⁴⁾

⁴ Engenheira Ambiental pela MULTIVIX- campus Nova Venécia

Yuri Graciano Bissaro Romualdo ⁽⁵⁾

⁵ Estudante de Engenharia Ambiental na MULTIVIX- campus Nova Venécia

Abrahão Welson de Souza ⁽⁶⁾

⁶ Graduação em Física pelo Centro Universitário de Caratinga

Bruna Bonomo Cosme ⁽⁷⁾

⁷ Engenheira Ambiental pela MULTIVIX- campus Nova Venécia

Endereço ⁽¹⁾: Rua Dr. José Barbosa de Barros, 1486, bloco 6, apt. 624, bairro Jardim Paraíso - Botucatu - SP - CEP: 18610-307 - Brasil - Tel.: (14) 98138-6020 - e-mail: tamireslsilva@gmail.com

RESUMO

A água subterrânea, uma das principais fontes de abastecimento individual para consumo humano utilizada no Brasil, tem potencial de transmitir doenças de veiculação hídrica devido à presença de microrganismos patogênicos, como bactérias do grupo coliformes totais e fecais. Entre as bactérias do grupo de coliformes fecais a bactéria *Escherichia Coli* é frequentemente utilizada como microrganismo indicador de contaminação. Considerando a *Escherichia Coli* como microrganismo indicador foi desenvolvida uma metodologia de análise de risco relativo de doenças para água destinada ao consumo humano pelo Programa das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos. De acordo com a Portaria MS nº 2.914/2011 a água destinada ao consumo humano deve apresentar ausência em 100 mL de coliformes totais e *Escherichia Coli*. Grande parte da população residente no bairro Guriri, São Mateus-ES capta água subterrânea através de poços tubulares como fonte alternativa ou complementar de água. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi realizar a avaliação de risco relativo de doenças de fontes de abastecimento individual de água subterrânea usadas para consumo humano por moradores do bairro Guriri, São Mateus-ES. No período de outubro a novembro de 2017 foram coletadas 42 amostras de fontes de abastecimento individual de água subterrânea, as quais foram submetidas análises microbiológicas dos parâmetros coliformes totais e *Escherichia Coli*. Os resultados apontaram altos níveis de contaminação bacteriana 90,47% das amostras de água subterrânea atestaram presença de coliformes totais e 28,57% apresentaram valores positivos para *Escherichia Coli*. Na análise de risco relativo de doenças de veiculação hídrica 69,04% das amostras apresentaram risco relativo baixo, 23,8% risco relativo moderado, 4,76% risco relativo alto e 2,38% risco relativo muito alto. Portanto, é evidente a existência de risco à saúde pública devido ao potencial de desenvolvimento de doenças de veiculação hídrica pela população usuária que atualmente utiliza como fonte de abastecimento individual uma água com características impróprias para consumo humano conforme padrão microbiológico estabelecido pela Portaria MS nº 2.914/2011

PALAVRAS-CHAVE: Consumo humano, águas subterrâneas, *Escherichia Coli*, Coliformes totais, Saúde Pública.

INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta disponibilidade de água subterrânea em torno de 14.650 m³/s sendo sua qualidade condicionada por diversas variáveis como: regime de chuvas, cobertura vegetal, geologia, escoamento superficial, lançamento de efluentes, entre outros (ANA, 2018).



De acordo com Instituto Trata Brasil (2019), o atendimento doméstico é a principal finalidade da água subterrânea, representando a única fonte de água disponível para muitas localidades brasileiras. Também, o recurso hídrico subterrâneo obtido através de perfuração de poços particulares apresenta-se como uma fonte alternativa ou complementar de água para consumo como reposta a falta de cobertura de abastecimento público ou em virtude do menor custo quando comparado ao valor cobrado pela água fornecida por operadoras do serviço público.

Microrganismos potencialmente patogênicos (bactérias, vírus, protozoários e helmintos) podem estar presentes na água subterrânea destinada ao consumo humano. Os efeitos destes microrganismos a saúde pública variam desde provocar uma gastroenterite leve a resultar em uma diarreia grave ou fatal. Também, pode provocar disenteria, hepatite e febre tifoide representando risco de surgimento de surtos dessas doenças (WHO, 2011).

A Portaria do Ministério da Saúde Nº 2914 de 12 de dezembro de 2011 apresenta o padrão de qualidade necessário para água destinada ao consumo humano, definindo solução alternativa individual de abastecimento como a modalidade de abastecimento de água que atenda domicílios residenciais com uma única família (BRASIL, 2011). Segundo o padrão microbiológico da água definido pela referida Portaria, a água para consumo humano deve apresentar ausência em 100 mL das bactérias coliformes totais e coliformes fecais (*Escherichia Coli*).

É importante que os usuários conheçam se a água subterrânea consumida apresenta qualidade microbiológica que permita seu uso seguro ou se existe risco à saúde pública devido à presença de microrganismos patogênicos. Considerando a bactéria *Escherichia Coli* como microrganismo indicador o Programa das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos desenvolveu uma análise de risco relativo de doenças para água destinada ao consumo humano (UN-HABITAT, 2010).

O recurso hídrico subterrâneo é a fonte de abastecimento individual de água mais utilizada por moradores do bairro Guriri, São Mateus-ES. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi realizar a avaliação de risco relativo de doenças de fontes de abastecimento individual de água subterrânea usadas para consumo humano por moradores do bairro Guriri, São Mateus-ES.

MATERIAIS E MÉTODOS

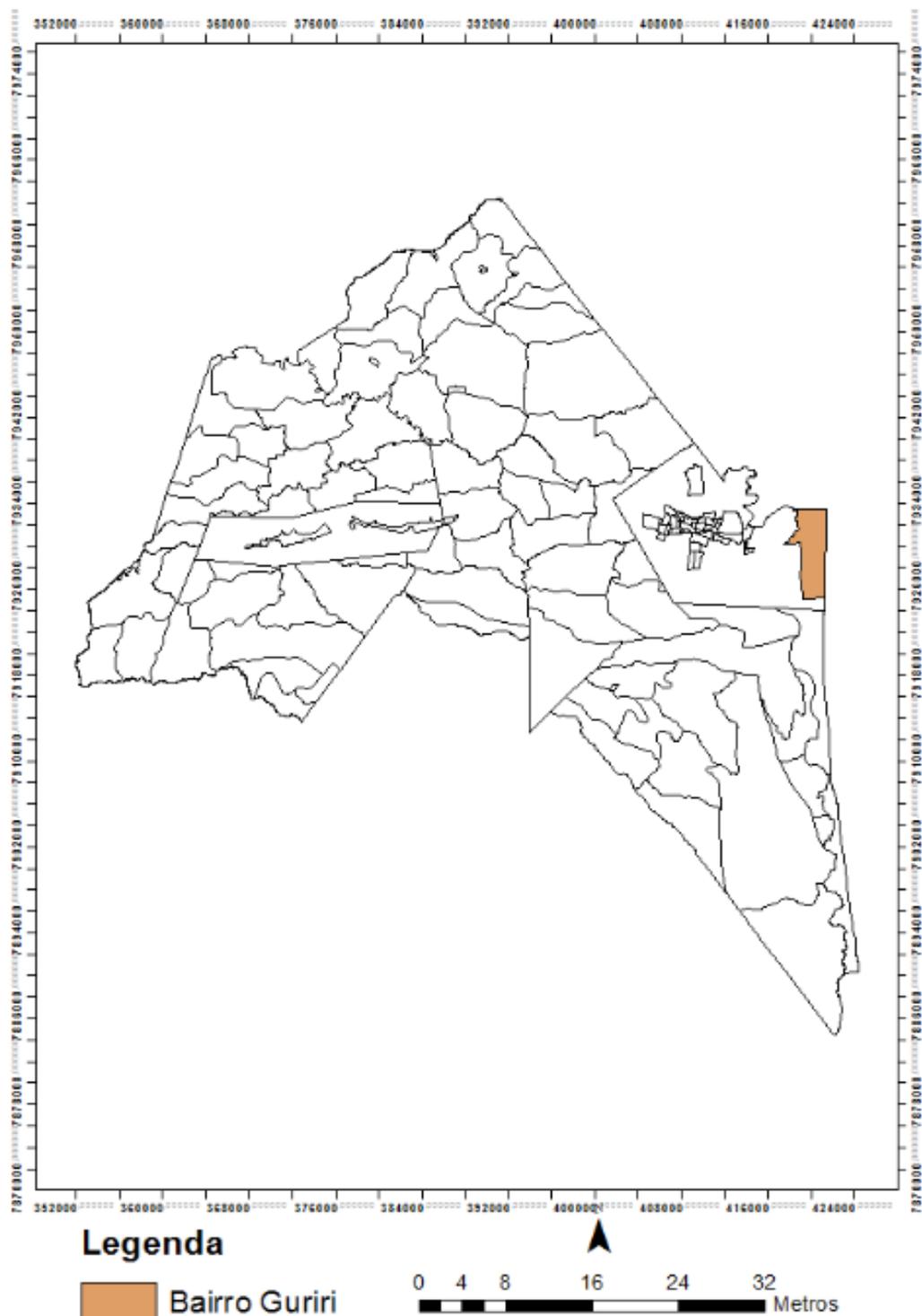
O estudo foi conduzido no bairro Guriri, São Mateus-ES (Figura 2). Inicialmente, foi aplicado um questionário aos alunos da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio “Wallace Castello Dutra” (Figura 3) para observação do uso de água subterrânea como fonte de abastecimento individual de água. Entre os questionários aplicados foram selecionados 42, que caracterizaram os pontos de coleta de amostras de água subterrânea captada através de poços tubulares. Os pontos de coletadas foram georreferenciados com uso do *Global Positioning System-GPS* Garmin eTrex 20X (Figura 1C). Entre os meses de outubro e novembro de 2017 quarenta e duas amostras de água subterrânea foram coletadas em sacos plásticos estéreis de 100 ML c/ tiossulfato marca Nasco Whirl-Pak (Figura 1A). Imediatamente após a coleta, as amostras foram armazenadas em caixas de isopor contendo gelo (Figura 1B) e conduzidas para o laboratório de Microbiologia da escola EEEFM “Wallace Castello Dutra” onde foram conduzidas análises dos parâmetros microbiológicos: coliformes totais e *Escherichia Coli* com uso do teste Colilert, conforme Standard Methods 9223B: Enzyme Substrate Coliform Test (APHA, 2012) e placas de contagem 3M™ Petrifilm™ conforme método NMKL (147.1993) (3M PETRIFILM, 2019).



Figura 1: A) Saco plástico estéril de 100 ML c/ tiossulfato B) Acondicionamento das amostras em caixas de isopor C) GPS Garmin eTrex 20X



Mapa da localização do bairro Guriri no município de São Mateus-ES



Elaboração cartográfica: Tamires L. da Silva

Fonte: Instituto Jones dos Santos Neves-IJSN Geobases
IJSN Projeto Mapeamento de Comunidades Urbanas e Rurais
Projeção UTM, Datum SIRGAS2000, zona 24s

Figura 2: Mapa da localização do bairro Guriri no município de São Mateus-ES



QUESTIONÁRIO PARA LEVANTAMENTO DE DADOS CIENTÍFICOS

Prezado (a) participante,

Somos bolsistas vinculados a FAPES (Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo) do Projeto de Iniciação Científica Junior (ICJ) intitulado: “Mapeamento e Avaliação da Potabilidade da Água Subterrânea em Poços Artesianos no Bairro Guriri, São Mateus-ES”, cujos objetivos principais são: realizar um levantamento dos usuários da água do manancial subterrâneo de Guriri, captada através de poços artesanais, e avaliar a qualidade bacteriológica e físico-química da água captada. Começaremos nossa pesquisa conhecendo quais as famílias dos alunos da nossa escola E.E.E.F. M “Wallace Castello Dutra” possuem poços tubulares em casa.

Sua participação envolve o preenchimento de um pequeno questionário que elaboramos e que servirá de base para a realização das nossas atividades de campo. A participação é voluntária e se você decidir não participar ou quiser desistir de continuar em qualquer momento, tem absoluta liberdade de fazê-lo.

Mesmo não tendo benefícios diretos em participar, indiretamente você estará contribuindo para a produção de conhecimento científico sobre o tema.

Aluno:	
Turma:	Turno:
Nome do pai/mãe:	
Endereço:	
Telefone:	
1. Quantas pessoas moram na sua casa, contando com você? () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () acima de 7 pessoas.	
2. Na sua casa existe captação de água através de poço tubular? () Sim () Não	
3. A água captada através do poço tubular na sua casa passa por algum tipo de tratamento (adição de hipoclorito de sódio, uso de filtros vela ou de areia, fervura)? () Sim () Não	
Caso afirmativo escreva qual o tratamento utilizado:	

Figura 3: Questionário utilizado no levantamento de dados científicos

Para a análise relativa de risco de doenças conforme metodologia proposta pelo Programa das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos (UN-HABITAT, 2010), é necessário a observação dos resultados dos testes Colilert e Petrifilm. A análise relativa de risco de doenças correlaciona os resultados obtidos para presença e concentração da bactéria *Escherichia Coli* nos testes Colilert e Petrifilm, respectivamente. Os graus de risco são divididos em quatro categorias: baixo, moderado, alto e muito alto, conforme tabela 1.

Tabela 1: Avaliação de risco relativo de fontes de abastecimento de água conforme metodologia proposta pelo Programa das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos

Florescência no teste Colilert (presença da <i>Escherichia Coli</i>)	Resultados Petrifilm contagem <i>Escherichia Coli</i>	Nível de Risco
Negativo	0	Baixo
Positivo	0	Moderado
Positivo	1-10	Alto
Positivo	>10	Muito alto

Fonte: UN-HABITAT (2010, p.10)

RESULTADOS

A tabela 2 apresenta os resultados obtidos para presença e contagem da bactéria *Escherichia Coli* através dos testes Colilert e Petrifilm e as coordenadas UTM dos pontos de coleta. Observa-se que 71,42% (n=30) das 42 amostras de água subterrânea captadas através de poços tubulares apresentaram resultado negativo para bactéria *Escherichia Coli* (coliforme fecal), enquanto que 28,57% (n=12) apresentaram valores positivos para *Escherichia Coli*. No trabalho desenvolvido por Rezende et al. (2014), em 35% dos poços tubulares de fontes de água subterrânea analisados foi detectada a presença da *Escherichia Coli*. Avila, Winkler e Carmona (1989) ao analisarem os casos de diarreia para as cidades de Navojoa e Ciudad Obregón localizadas no México, verificaram que altos índices de casos de diarreia (116/1.000 hab.) na cidade de Navojoa estavam relacionados a altas taxas de contaminação da água por coliformes fecais (43%) em relação a baixa incidência de casos de diarreia (49/1.000 hab.) na cidade de Ciudad Obregón com uma menor taxa de contaminação da água por coliformes fecais (6%). Assim, os resultados obtidos para contaminação das fontes de abastecimento individual de água subterrânea por *Escherichia Coli* indicam que há riscos de desenvolvimento de doenças de veiculação hídrica para os usuários residentes no bairro Guriri, São Mateus-ES.



Tabela 2: Coordenadas UTM dos pontos de coleta de água e resultados obtidos para *Escherichia Coli*

ID	Data da Coleta	X (UTM)	Y (UTM)	<i>Escherichia Coli</i> COLILERT	PETRIFILM
1	14/10/2017	418786	7928673	Positivo	0
2	14/10/2017	419990	7927616	Negativo	0
3	14/10/2107	420062	7928121	Negativo	0
4	14/10/2017	420315	7927992	Negativo	0
5	14/10/2017	420079	7928359	Negativo	0
6	14/10/2017	420440	7927939	Negativo	0
7	14/10/2017	420850	7928332	Negativo	0
8	14/10/2017	420529	7928177	Negativo	0
9	14/10/2017	419384	7929144	Negativo	0
10	14/10/2017	420919	7926678	Negativo	0
11	14/10/2107	420299	7927709	Negativo	0
12	21/10/2017	421220	7928800	Negativo	0
13	21/10/2017	420890	7926400	Negativo	0
14	21/10/2017	419066	7928696	Negativo	0
15	21/10/2017	420118	7928861	Negativo	0
16	21/10/2017	419057	7928683	Negativo	0
17	21/10/2017	419081	7926736	Negativo	0
18	21/10/2017	420818	7926303	Negativo	0
19	21/10/2017	419580	7923827	Negativo	0
20	21/10/2017	419702	7928259	Positivo	1
21	21/10/2017	419005	7929078	Negativo	0
22	04/11/2017	419264	7928995	Negativo	0
23	04/11/2017	419551	7927766	Positivo	0
24	04/11/2017	420401	7927095	Negativo	0
25	04/11/2017	419549	7927949	Negativo	0
26	11/11/2017	419846	7928004	Positivo	0
27	11/11/2017	420968	7926423	Negativo	0
28	11/11/2017	420259	7928049	Negativo	0
29	11/11/2017	420140	7928140	Negativo	0
30	11/11/2017	420730	7927744	Negativo	0
31	11/11/2017	421097	7926944	Negativo	1
32	11/11/2017	420176	7927977	Positivo	0
33	11/11/2017	419690	7928346	Positivo	0
34	25/11/2017	420527	7928173	Negativo	0
35	25/11/2017	419362	7928639	Negativo	0
36	25/11/2017	420130	7927866	Negativo	0
37	25/11/2017	419546	7928260	Positivo	0
38	25//11/2017	419239	7928598	Positivo	0
39	25/11/2017	420204	7926856	Positivo	0
40	25/11/2017	419634	7928063	Positivo	0
41	25/11/2017	420134	7929142	Positivo	90
42	25/11/2017	421211	7928457	Positivo	0



Com os dados da tabela 2 foi realizada a avaliação de risco relativo de doenças de veiculação hídrica das amostras provenientes de fontes de abastecimento individual de água subterrânea. Os resultados estão apresentados na Figura 4. Destaca-se que 69,04% (n=29) das amostras apresentaram risco relativo baixo para doenças de veiculação hídrica, 23,8% (n=10) risco relativo moderado, 4,76% (n=2) risco relativo alto e 2,38% (n=1) risco relativo muito alto.

**AVALIAÇÃO DE RISCO RELATIVO DE DOENÇAS DE FONTES
DE ABASTECIMENTO INDIVIDUAL DE ÁGUA SUBTERRÂNEA
LOCALIZADAS NO BAIRRO GURIRI, SÃO MATEUS-ES**

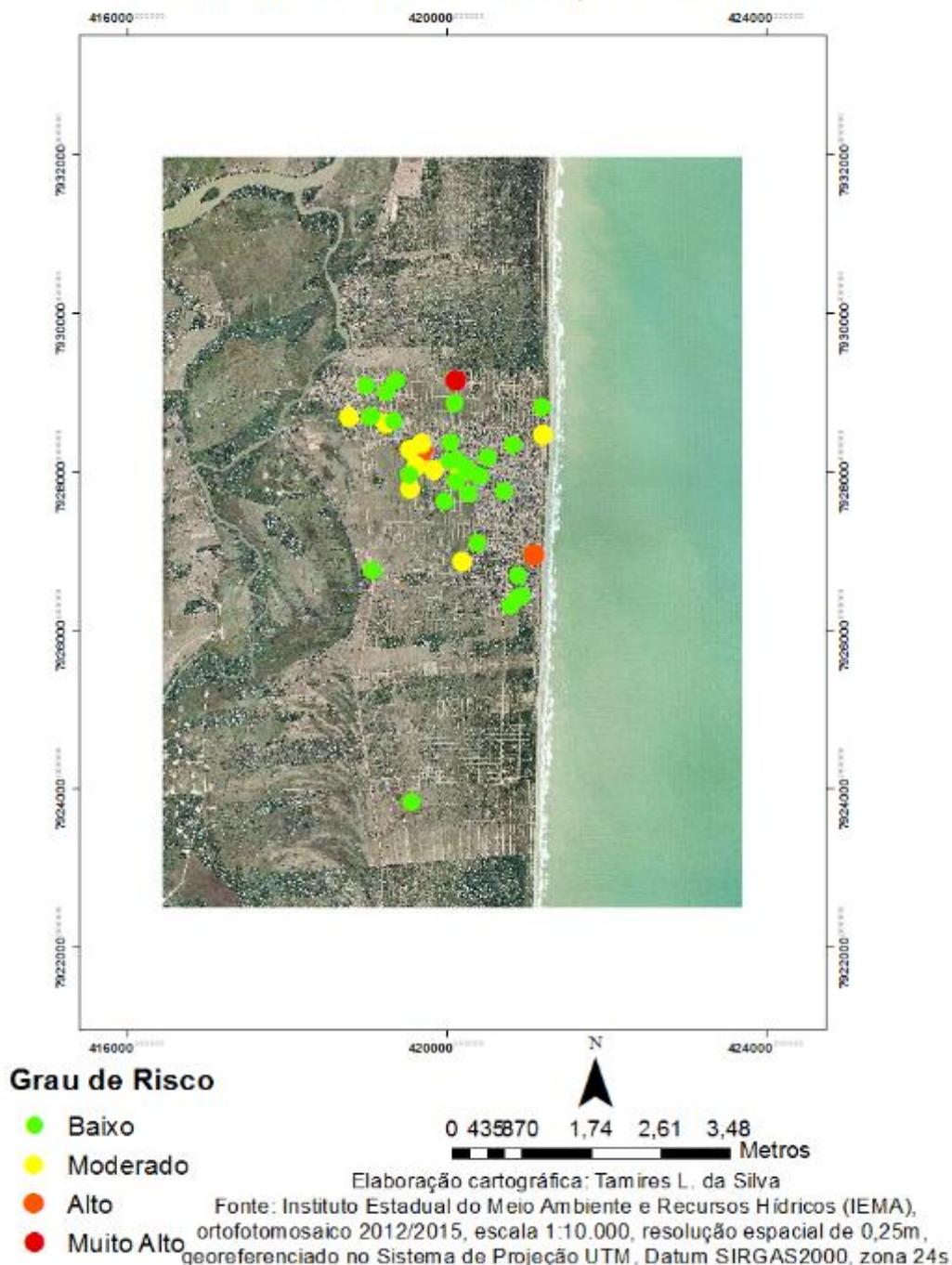


Figura 4: Mapa da avaliação de risco relativo de doenças de veiculação hídrica das amostras provenientes de fontes de abastecimento individual de água subterrânea no bairro Guriri, São Mateus-ES



Para o uso seguro de fontes de abastecimento individual de água subterrânea para consumo humano é necessário que ela esteja em acordo com o padrão de potabilidade da água estabelecido pela Portaria MS nº 2.914/2011 que determina que, para o parâmetro microbiológico coliformes totais é necessário ausência em 100 mL (BRASIL, 2011). As figuras 5 e 6 representam o valor encontrado na contagem de coliformes totais e o percentual de resultados positivos e negativos, respectivamente, para as amostras de água subterrânea proveniente de fontes de abastecimento individual no bairro Guriri, São Mateus-ES. As análises microbiológicas indicam a presença de coliformes totais na faixa de 0-300 UFC/100 mL, sendo o valor máximo encontrado (300 UFC/100 mL) no ponto de coleta nº 27 (Figura 5), mesmo com um valor de coliformes totais elevado não foi detectada a presença de *Escherichia Coli* para este ponto (Tabela 2). De todas as amostras analisadas apenas quatro apresentaram ausência de coliformes totais em 100 mL, representando um percentual 9,52% (n=4), logo em 90,47% (n=38) das amostras foi detectada a presença de coliformes totais (Figura 6). Resultado semelhante foi encontrado por Silva e Araújo (2003) na análise da qualidade de águas subterrâneas utilizada para consumo humano em áreas urbanas de Feira de Santana (BA), onde 90,8% das amostras apresentaram valores positivos para coliformes totais.

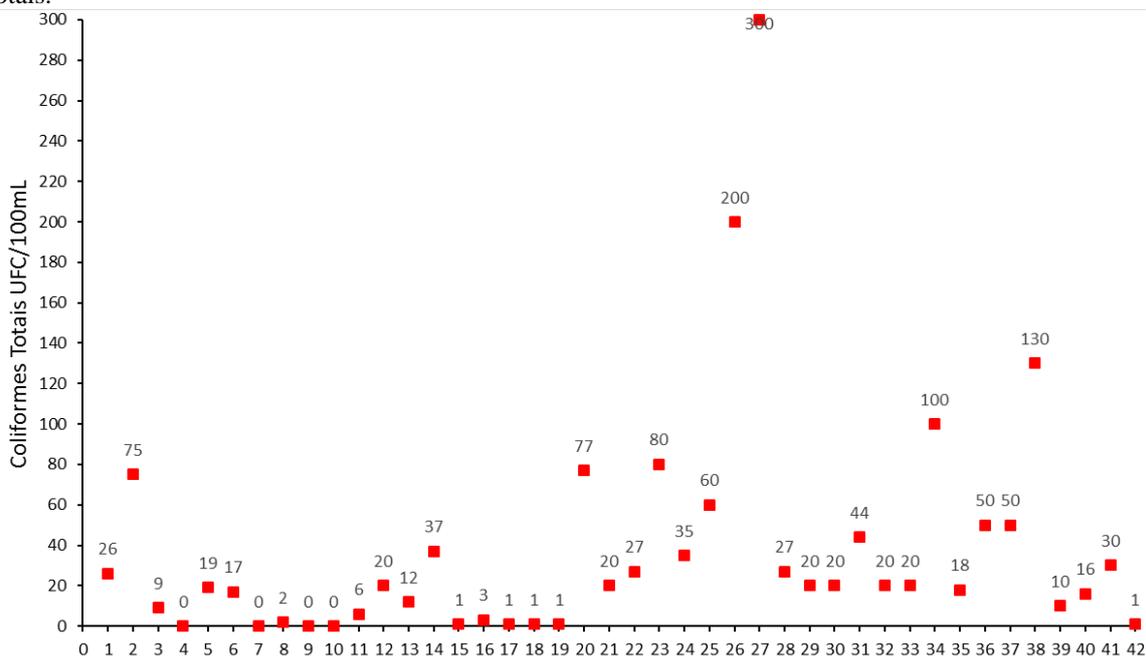


Figura 5: Valores obtidos para o parâmetro microbiológico coliformes totais para as amostras provenientes de fontes de abastecimento individual de água subterrânea no bairro Guriri, São Mateus-ES

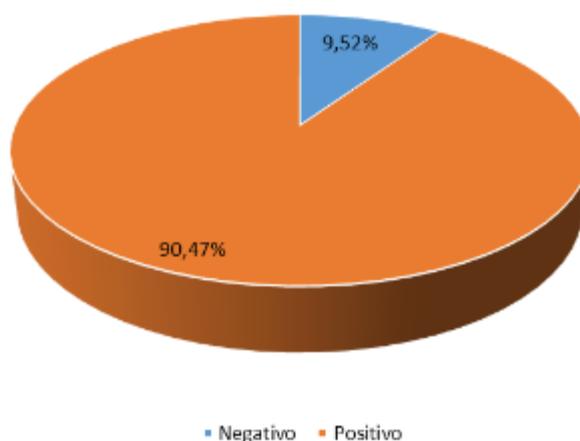


Figura 6: Percentual de coliformes totais nas amostras provenientes de fontes de abastecimento individual de água subterrânea no bairro Guriri, São Mateus-ES



CONCLUSÕES

De acordo com a análise relativa de risco de doenças relacionadas a água para consumo humano, conforme metodologia proposta pelo Programa das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos, na qual é considerada a presença e concentração de *Escherichia Coli* nas amostras de água, as fontes de abastecimento individual de água subterrânea apresentaram grau de risco à saúde pública moderado a muito alto, sendo um percentual de 23,8% para risco relativo moderado, 4,76% para risco relativo alto e 2,38% para risco relativo muito alto. Contudo, a maioria das amostras analisadas (69,04%) apresentaram risco relativo baixo para o desenvolvido de doenças de veiculação hídrica.

Conforme o valor máximo permitido-VMP para o parâmetro microbiológico coliformes totais pela Portaria MS nº 2914/2011 (Ausência de coliformes totais em 100 mL), grande parte das fontes de abastecimento individual de água subterrânea captadas através de poços tubulares por moradores do bairro Guriri, São Mateus-ES estão impróprias para consumo humano. Uma vez que, foi detectada contaminação bacteriana em 90,47% das amostras analisadas, evidenciando a existência de risco à saúde pública devido ao desenvolvimento de doenças de veiculação hídrica pela população usuária.

AGRADECIMENTOS

Estudo financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo – FAPES, Projeto de Iniciação Científica Junior TO 920/ 2015.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2018**: informe anual. Brasília-DF: Agência Nacional de Águas, 2018. 72 p. Disponível em: <<http://conjuntura.ana.gov.br/>>. Acesso em: 08 maio 2019.
2. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Washington DC, 22 th. ed., 2012.
3. AVILA, H. G.; WINKLER, S. B.; CARMONA, H. B. Calidad del agua potable e incidencia de gastroenteritis en dos ciudades del estado de Sonora, México. **Salud Pública de Mexico**, Cuernavaca, Morelos, MX, v. 31, n. 3, p.299-304, 1989
4. BRASIL. **Portaria nº 2914, de 14 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: Diário Oficial da União, 14 dez. 2011.
5. INSTITUTO TRATA BRASIL. **A revolução silenciosa das águas subterrâneas no Brasil**: uma análise da importância do recurso e os riscos pela falta de saneamento. 2019. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/itb/aguas-subterraneas-e-saneamento-basico/Estudo_aguas_subterraneas_FINAL.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2019.
6. 3M PETRIFILM. **Guia de Interpretação**. [S.l.]: 3m™ Petrifilm™, 2019. Placa para Contagem de E.coli e Coliformes Método NMKL (147.1993). Disponível em: <<http://multimedia.3m.com/mws/media/5868570/guia-interpr-petrefilm-ecoli-e-coliformes.pdf?&fn=GuiaPetrifilmColiforEcoli.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2019.
7. REZENDE, D. et al. Avaliação da qualidade da água subterrânea utilizada em propriedades rurais produtoras de hortaliças e na área urbana d a região de Maringá PR. In: XVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 17., 2014, Belo Horizonte. **Anais**, [...]. Belo Horizonte: XVIII CBAS, 2014. p. 1 - 10. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/subterraneas/article/view/28277>>. Acesso em: 01 jun. 2019.
8. SILVA, R. C. A; ARAÚJO, T. M. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). **Ciência & Saúde Coletiva**, [S.l.], v. 8, n. 4, p.1019-1028, 2003. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-81232003000400023>.
9. UNITED NATIONS HUMAN SETTLEMENTS PROGRAMME (UN-HABITAT). **A Practical Method for Rapid Assessment of the Bacterial Quality of Water**. Nairobi, Kenya: United Nations Human Settlements Programme 2010, 2010. Disponível em: <<https://gwopa.org/en/resources-library/a-practical-method-for-rapid-assessment-of-the-bacterial-quality-of-water-a-field-based-guide>>. Acesso em: 01 jun. 2019.
10. WORLD HEALTH ORGANIZATION-WHO. **Guidelines for drinking-water quality**. 4. ed. Geneva, Switzerland: Who Library Cataloguing-in-publication Data, 2011. Disponível em: <<https://apublica.org/wp-content/uploads/2014/03/Guidelines-OMS-2011.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2019.



DESAFIOS E ENFRENTAMENTOS NA PRESERVAÇÃO DOS RIOS URBANOS BRASILEIROS: PERSPECTIVAS E CONTRIBUIÇÕES DA REVITALIZAÇÃO DOS RIOS - ESTUDO DE CASO EM SALVADOR-BA

William Paulo Ribeiro dos Santos ⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental e Sanitarista. Mestrando em Meio Ambiente Águas e Saneamento na Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia - UFBA.

Endereço: Rua Prof. Aristides Novis, Federação, Salvador - Bahia, Brasil. CEP: 40210-630. E-mail: williampaulors@gmail.com.

RESUMO – É um entrave em comum das cidades com intensiva expansão urbana, garantir o desenvolvimento sincronicamente aliado à preservação da Natureza. A ideia de sustentabilidade é de fundamental importância neste cenário, muito embora encontre limitações para alcançar intuítos realizáveis. Existem modelos memoráveis de superação pelo mundo, onde cidades que outrora possuíram índices sofríveis de qualidade de vida, atualmente são referência em restauração urbana. O Brasil ainda se esforça para aproximar-se destes exemplos. Em Salvador-BA, assim como em outras cidades brasileiras, as dificuldades e enfrentamentos nesta esfera vêm tornando-se mais marcantes. A capital baiana é amplamente cortada por rios, e por décadas foram degradados, transformados principalmente em canais de esgoto, afetando todo o meio e a população. Dessa forma, o trabalho discorrerá sobre os desafios, bem como contribuições da revitalização de rios urbanos, destacando Salvador-BA, traçando um panorama dos rios soteropolitanos, no tocante aos efeitos da pressão urbana e qualidade das águas. Os resultados revelam que a iniciativa de restauração do meio terá sucesso quando houver plena participação popular e vontade política. Os benefícios refletirão amplamente neste quadro, como na otimização da salubridade e na economia da cidade.

Palavras-Chave: Rios Urbanos, Revitalização, Saneamento Ambiental, Rios Brasileiros.

INTRODUÇÃO

O crescimento urbano insustentável tipificou desde o princípio a história do Brasil. O palco socioambiental brasileiro atual ainda é insipiente, e tem afetado diversas dimensões neste âmbito, dentre elas o saneamento ambiental nas cidades. O aumento populacional nas últimas décadas suscitou alterações no meio, promovendo dessa forma, deficiências na infraestrutura do saneamento básico e suas vertentes, as quais degeneraram significativamente o meio ambiente, em especial os corpos hídricos. Este quadro é visto de forma predominante e muito expressiva nas cidades do Brasil. As consequências das ações insustentáveis neste cenário, além da contínua supressão da vegetação, foram à contaminação dos rios, pelo lançamento de efluentes domésticos, comerciais e industriais. Ainda que a superabundância dos rios brasileiros seja de amplo merecimento e importância, por oferecerem privilégios às populações, os mesmos são continuamente degradados. Grande parte dos rios em espaços urbanos no Brasil possuem índices inferiores em saneamento e preservação ambiental. Em especial, a cidade de Salvador-BA; a qual possui um vasto potencial hídrico, contempla rios sinuosos e de demasiada extensão; estes, embora sejam de grande importância para a capital baiana, estão em avançado estado de degradação (SANTOS, et al, 2010). Nesta esteira de entendimento, incitado pelos levantes sociais em prol da restauração ambiental,

Realização



Patrocínio



Apoio





II Seminário Nacional de **Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental**

Tema: Inovação Tecnológica e de Gestão
para enfrentar os desafios do milênio

17,18 E 19 | OUTUBRO 2019
8h às 18h
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES
VITÓRIA-ES

não unicamente em Salvador, como também nas demais cidades do Brasil, que este trabalho tem como estudo a apresentação das evidências da viabilidade da revitalização de rios, propondo a iniciativa aos rios na capital baiana. O trabalho objetiva elucidar as principais características e contribuições desta iniciativa, a qual partiria de ações em obras de regeneração urbana, no intuito de otimizar a saúde e qualidade ambiental da cidade. Partindo de estudos realizados, destacando alguns dos rios brasileiros, bem como o sucesso de revitalização de rios ao redor do mundo, esteando-se em seguida sobre as características dos principais rios soteropolitanos, fomentando também discussões acerca da relevância social da revitalização e manutenção dos mesmos.

METODOLOGIA

Este trabalho tem como estudo a apresentação das características e evidências das contribuições ambientais dos rios urbanos de Salvador posterior a ações de restauração e/ou reabilitação, salientando os benefícios para a população, como por exemplo, a melhoria da saúde, estética e qualidade ambiental da cidade. O trabalho foi desenvolvido através de pesquisas bibliográficas, tomando como base materiais publicados em livros, artigos e teses que forneceram aporte para a elaboração da teoria acerca da problemática do tema. Foi realizada uma breve síntese acerca do desenvolvimento urbano e o processo de degradação de alguns rios brasileiros; como o Rio Tietê em São Paulo, o Rio Tucunduba em Belém-PA, o Rio Capibaribe em Recife-PE, o Rio Anil em São Luís-MA e o Rio Paraíba do Sul na região sudeste, expondo as suas características pertinentes, mostrando os resultados do crescimento urbano, os quais desencadearam problemas de variáveis ambientais e sociais. Citando o exemplo de alguns rios ao redor do mundo, na finalidade de refletir o sucesso das ações de regeneração nos rios do Brasil. Foi elaborado também neste trabalho um detalhamento dos benefícios oferecidos ao meio a partir da revitalização destes importantes mananciais. Diante dos resultados apresentados, trabalho segue com intuito de servir de ponto de partida para novas pesquisas e formação de opinião.

REFERENCIAL TEÓRICO

A Dinâmica entre Rios e as Cidades e a Trajetória dos Rios Brasileiros

Os rios possuem um valor de ordem social, econômica, cultural e histórica imensurável, além de serem a fonte do recurso mais indispensáveis para sustentar a vida no planeta: a água. Os rios criam um laço fundamental para o desenvolvimento urbano, contudo, este processo tem destruído os rios significativamente. Os rios, ressaltando os que estão incluídos em espaços urbanizados, desempenham um papel primordial para o meio por influenciarem em aspectos, como por exemplo, em fatores climáticos, seja na manutenção do microclima, no vínculo com a qualidade do ar, favorecendo diretamente no conforto térmico e visual. A aceitação de rios urbanos contempla uma vasta significância, podendo ser um

Realização



Patrocínio



Apoio



fluxo



II Seminário Nacional de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

Tema: Inovação Tecnológica e de Gestão
para enfrentar os desafios do milênio

17,18 e 19 | OUTUBRO 2019
8h às 18h
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES
VITÓRIA-ES

espaço de lazer, como também local de lançamento de aportes, dentre outras maneiras, consoante a forma como a sociedade interage com o meio (SAKAI; FROTA, 2014 *apud* BARRETO, et al, 2017, p. 1.). Todavia, designa-se neste trabalho o rio urbano, como aquele que está dentro dos limites de uma cidade e que experimenta os impactos do processo de urbanização. Grandes rios no Brasil vêm subsistindo a pressão do crescimento urbano. Dentre alguns, o exemplo-mor de poluição no país: o Rio Tietê. A bacia do Tietê sofre com muitos desequilíbrios ambientais, decorrentes das ocupações irregulares das margens, a falta de infraestrutura de saneamento básico, tais como disposição adequada dos resíduos sólidos, coleta e tratamento de esgoto, além de ser assolado com o desmatamento, confinamento do leito e impermeabilização do solo (YACAR, 2015).

Ainda na região Sudeste, o rio Paraíba do Sul, formado pela confluência dos rios Paraitinga e Paraibuna, banha os estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais. Dentre os agentes poluidores, encontram-se os resíduos industriais, extrativistas, da pecuária e da agricultura. Os danos causados ao rio estão ligados à extração mineral de areia, que altera o curso do rio, a derrubada das matas ciliares, além de causar o processo de assoreamento, contribuindo assim para uma menor navegabilidade (NEVES, NESSAR, 2017).

No Nordeste, na capital pernambucana, assim como todas as cidades que se encontram na costa brasileira, a urbe teve seu desenvolvimento marcado pela presença dos rios, em particular o principal rio de Pernambuco, o Rio Capibaribe. A degradação das águas do Capibaribe é influenciada pelas atividades realizadas nas regiões circunvizinhas ao rio e em seus afluentes, os quais possuem uma elevada carga de poluição, atribuídos ao lançamento de efluentes domésticos, tendo também poluentes de natureza inorgânica (SILVA, 2004). Em São Luís-MA, a interação dos habitantes com seus mananciais refletem num cenário de forte insalubridade, motivado pela mesma causa observada no país: o progresso urbano desalinhado. Dos rios ludovicenses de maior notoriedade, destaca-se o Rio Anil, cuja população nos seus arredores lança os esgotos de forma arbitrária, havendo também debilidade na questão de resíduos sólidos.

Na região Norte, na capital paraense, encontra-se o Igarapé Tucunduba, onde grande parte das moradias menos abastadas é assentada sobre os cursos d'água, ocasionando processos erosivos nas margens e despejando seus esgotos in natura, propiciando um vasto potencial para veiculação de doenças. As atividades humanas no entorno do manancial modificam o seu traçado natural, provocando o aumento de sedimento no fundo e conseqüentemente o aumento no escoamento superficial (MATOS, et al, 2009). A Figura 1 mostra situação de alguns dos rios citados: Tietê (A), Paraíba do Sul (B), Capibaribe (C), Anil (D).

Realização



Patrocínio



Apoio





Figura 1: Panorama dos Principais Rios Brasileiros.



Outrora os rios eram sinônimos de vida, devido a sua biodiversidade, valor histórico e cultural, e hoje em dia nos ambientes urbanos de todo o Brasil reflete uma imagem de absoluto abandono e desvalorização (BARRETO, 2017).

O exemplo de superação em outros países

Do vasto leque de exemplos de cidades que trouxeram de volta a vida os seus rios, podendo citar, os rios europeus: Tâmsa e Sena. O Rio Tâmsa foi palco de um dos maiores eventos de degradação ambiental no mundo, tendo uma vez já sido decretado biologicamente morto. A partir de diversos investimentos e iniciativas da capital e das cidades também banhadas por ele, utilizando procedimentos de dragagem e sistemas de coleta de esgoto, assim como no tratamento de efluentes provenientes das atividades em sua região. Da mesma forma ocorreu no Rio Sena, na França. Por muitos anos recebia in natura o despejo de detritos urbanos e agrícolas (BARLES *apud* YACAR, 2015, p 23). Tendo envolvimento expressivo e comprometimento da população, a qual foi de fundamental importância para o sucesso do projeto. Através de obras de bioengenharia, como a utilização de plataformas flutuantes para filtrar os poluentes dissolvidos na água, e restauro das características originais do rio, como a vegetação ao longo da margem, entre outros. Na Coreia do Sul, em Seul, o Rio Cheonggyecheon passou por um amplo processo de revitalização. Em 2003 o projeto de restauração do Cheonggyecheon se consolidou, onde foi demolida a estrutura do elevado, trazendo novamente o rio à vista (DISARO, 2015).

Figura 2: Regeneração Urbana e Revitalização de Rios ao redor do mundo





II Seminário Nacional de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

Tema: Inovação Tecnológica e de Gestão
para enfrentar os desafios do milênio

17,18 E 19 | OUTUBRO 2019
8h às 18h
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES
VITÓRIA-ES

Muito embora seja uma realidade aquém da situação dos rios e do saneamento básico brasileiro, é algo a ser analisado e aderido, com o propósito de trazer melhores condições ao quadro ambiental e social.

A Assolação dos Rios Soteropolitanos

A ocupação informal e a autoconstrução caracterizaram o crescimento urbano em Salvador nas últimas décadas. Os processos de metropolização e periferização na cidade de Salvador estão correlacionados com os movimentos migratórios campo-cidade e a industrialização. As margens e os leitos dos rios soteropolitanos se tornaram os principais locais de ocupação das classes menos favorecidas da cidade de Salvador, que muitas vezes se expõem ao risco diante da falta de condições financeiras que atendam às exigências do setor imobiliário (BARRETO, 2017). A maioria destes rios é caracterizada pela sua utilização como corpos d'água receptores de esgotos sanitários de grande parcela das habitações populares situadas na área de abrangência das bacias hidrográficas. A maior parte do trajeto destes é por meio de galerias subterrâneas e nos trechos que ainda correm a céu aberto, exalam um constante mau cheiro (SANTOS, et al, 2010). A cidade possui numa totalidade 12 bacias hidrográficas, sendo sua maioria integralmente incluída no município, e algumas delas pertencentes também a outros. São elas: A Bacia do Camarajipe, Ipitanga, Jaguaribe, Lucaia, Pedras-Pituaçu, Passa-Vaca, Seixos, Pituba, Ondina, Subúrbio (com suas bacias de drenagem natural), Cobre e Cidade Baixa (SANTOS, et al, 2010).

Panorama das Bacias Hidrográficas de Salvador

Das bacias do município, as que possuem maior importância devido à extensão, influência no meio e interferência na balneabilidade das praias, se destacam: A bacia do Rio Camarajipe, Rio Lucaia, Rio das Pedras-Pituaçu, a bacia do Subúrbio, Rio Do Cobre e Rio dos Seixos. A Bacia do Rio Camarajipe está situada no miolo da cidade de Salvador. Suas nascentes localizam-se em áreas carentes de infraestrutura urbana, com fortes desigualdades socioespaciais (SANTOS, et al, 2010). Segundo Barreto (2017), a atual condição do Rio Camarajipe impacta negativamente a população que reside no seu entorno, em especial nos aspectos da saúde e do conforto ambiental. Ao sul da Bacia do Rio Camarajipe, se localiza a Bacia do Rio Lucaia, o qual é responsável pela drenagem de boa parte dos esgotos domésticos da cidade de Salvador. Ao longo de muitos anos veio recebendo nos seus afluentes esgotos sanitários “in natura”, oriundos da emissão dos bairros circunvizinhos (SANTOS, et al, 2010). O sudoeste da bacia do Lucaia se encontra a bacia do Rio dos Seixos. O Rio dos Seixos é um rio de pequeno porte, de baixa vazão, muito raso, ampliando seu fluxo em períodos chuvosos. Seu curso percorre áreas urbanizadas, onde passou por alterações muito marcantes, como a canalização e o tamponamento no seu percurso. Ao oeste da cidade se localizam as bacias do Rio do Cobre e a do Subúrbio. Ambas possuem uma urbanização amplamente consolidada.

Realização



Patrocínio



Apoio



fluxo



No leste da cidade se encontram as bacias vizinhas de Jaguaribe e do Rio das Pedras-Pituaçu. A bacia do Rio Jaguaribe é a segunda maior em superfície do Município. Esta bacia drena as águas de áreas urbanas densamente povoadas, onde há uma parte abrangente de sua extensão com infraestrutura urbana precária (drenagem, pavimentação, habitação, coleta de lixo e esgotamento sanitário). Em direção ao sul da cidade se localiza a Bacia do Rio das Pedras-Pituaçu, a qual é considerada a quarta maior bacia hidrográfica do município, em termos de superfície, sofrendo também fortes contribuições das atividades humanas (SANTOS et al, 2010). A Figura 3 mostra a algumas das bacias hidrográficas de Salvador: Camarajipe (A), Lucaia (B), Seixos (C), Subúrbio/Cobre (D), Jaguaribe (E) e Pedras-Pituaçu (F).

Figura 3: Principais Bacias Hidrográficas de Salvador.



O resultado dos impactos das atividades humanas (dando destaque as obras de mobilidade e habitação) foi o abalo na prestação dos serviços ecossistêmicos, tais como o conforto térmico e qualidade do ar, o abastecimento da cidade, os quais foram significativamente comprometidos. Atualmente os rios soteroportitanos se tornaram locais propícios a proliferação de vetores e acumulo de resíduos (Figura 4).

Figura 4: Situação atual dos Rios Urbanos de Salvador.





II Seminário Nacional de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

Tema: Inovação Tecnológica e de Gestão
para enfrentar os desafios do milênio

17,18 e 19 | OUTUBRO 2019
8h às 18h
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES
VITÓRIA-ES

RESULTADOS E DISCUSSÕES

No rumo desta cadeia de variáveis, nota-se que os eventos danosos ao saneamento ambiental em Salvador são todos intimamente ligados à questão do esgotamento sanitário, resíduos e drenagem urbana. Dessa forma, a mudança de abordagem e percepção sobre os rios é imprescindível para promover a transformação do ambiente, já que é necessário que a população que habita em cidades possuindo por rios urbanos, como Salvador, desenvolva consciência da relevância que os mesmos têm para os seres vivos que dela dependem, incluindo a si, bem como para as diversas relações ecológicas que nela são promovidas, mantendo desse modo o equilíbrio natural do meio (BARRETO, 2017). As condições de degradação dos rios necessitam de uma melhor contemplação para solução das dificuldades encontradas, assim como o advento de um despertar da consciência coletiva, promovida por ações como a de Educação Ambiental, visando mostrar a relevância que esta vertente tem para a sociedade. Nos locais onde prevalecem assentamentos urbanos precários, condicionados pela ocupação desordenada, é indispensável que nas intervenções em regeneração urbana haja uma requalificação ambiental, buscando o reordenamento do uso do solo, a recuperação de áreas degradadas, execução de drenagem urbana, desobstrução de canais e coleta de resíduos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os rios nos espaços urbanos merecem uma atenção especial. A iniciativa de restauro e renaturalização dos rios são de extrema importância e deve ser tomado em todas as cidades brasileiras que possuem o mesmo enfrentamento, buscando preservar este grande legado, o qual simboliza o país. Em Salvador, os projetos de intervenção nos rios têm sido promovidos por esferas distintas do Poder Público, sem a consulta e participação social e desconsiderando a utilização de tecnologias apropriadas aptas a manter os processos ecológicos dos rios e sua função no ambiente urbano. Como consequência, os soteropolitanos são privados do contato com os rios, havendo a perda da relevância ambiental, paisagística, cultural e social desses patrimônios, promovendo a ideia de que os mesmos são agentes de doenças e, dessa forma, motivo para serem afastados do convívio e da paisagem da cidade. A necessidade de inovação e adequação tecnológica é fundamental nesse sentido, visando não promover a descaracterização dos rios e da paisagem, além da melhoria da qualidade ambiental. A restauração dos rios trará também a revitalização e melhoria na economia da cidade, uma vez que a mesma é expressiva e influente no turismo. Com o ambiente salubre a cidade seria mais bem frequentada, havendo vetores atrativos e promovendo o bem-estar.

Realização



Patrocínio



Apoio



fluxo



REFERÊNCIAS

1. BARRETO, et al (2017). “A Utilização do Discurso do Sujeito Coletivo (Dsc) Na Avaliação da Percepção Acerca dos Rios Urbanos: Um Estudo na Bacia do Rio Camarajipe, em Salvador-Bahia” in Anais 28º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente, São Paulo, Brasil, 2017.
2. DISARO, A (2015). O Renascimento do Cheonggyecheon. Disponível em: <<http://www.viveraviagem.com.br/cheonggyecheon/>> Acesso em 12/02/2019.
3. MATOS, et al (2004). “Impactos ambientais da ocupação urbana do igarapé Tucunduba” in Anais II Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: Recuperação de Áreas Degradadas, Serviços Ambientais e Sustentabilidade, Taubaté, Brasil, 09-11 dezembro 2009, IPABHi, p. 777-784.
4. NEVES, L. F. F., NASSAR, C. A. G. Avaliação e Comparação da Qualidade da Água e do Sedimento entre Trechos da Bacia Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul, Região Sul Fluminense do Estado do Rio de Janeiro, Brasil (2017). Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2017/VIII-037.pdf>>. Acesso em 10/05/2018.
5. SANTOS, et al, (2010). Caminho das Águas de Salvador. Disponível em: <http://www.meioambiente.ba.gov.br/arquivos/File/Publicacoes/Livros/caminhodasaguas.pdf>. Acesso em 12/04/2019.
6. SILVA, H. K. P. Da. (2004). Concentrações de metais pesados nos sedimentos do estuário do rio Capibaribe, na região metropolitana do Recife (RMR) - Pernambuco, Brasil. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
7. YACAR, I. S. Propostas de Despoluição e Aproveitamento Ecológico, Social e Econômico do Rio Tietê no município de São Paulo, 2015. Disponível em: <http://www.mackenzie.br/fileadmin/Graduacao/CCBS/Cursos/Ciencias_Biologicas/TCC/TCC_1_2017/Isabella_Saad_Yacar.pdf>. Acesso em 10/02/2019.



DINÂMICA DA COBERTURA VEGETAL NATIVA DA ZONA DE AMORTECIMENTO DO PARQUE ESTADUAL DO FORNO GRANDE, ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Caio Henrique Ungarato Fiorese⁽¹⁾

Graduando em Engenharia Ambiental pelo Centro Universitário São Camilo (ES).

Endereço⁽¹⁾: Rua Alvino Marques, 195 – Vila Barbosa - Castelo - ES - CEP: 29360-000 - Brasil - Tel: (28) 99951-7139 - e-mail: caiofiorese@hotmail.com

RESUMO

As zonas de amortecimento são áreas que envolvem determinada unidade de conservação (UC) e cumprem a função de minimizar os impactos ambientais externos a ela. Diante dessa importância, o objetivo do trabalho foi, com o auxílio de geotecnologias, quantificar e mapear a cobertura vegetal nativa da zona de amortecimento do Parque Estadual do Forno Grande, localizado no município de Castelo, como forma de subsidiar melhorias na área. As bases de dados digitais utilizadas foram o Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN) e o GEOBASES, considerando o programa ArcGis® para manipulação das informações. Foi adquirido um banco de dados referente às UCs do Estado do Espírito Santo para edição, considerando apenas a UC estudada. Foi traçada a zona de amortecimento a partir de um raio de 10 km em torno da UC. Foram adquiridos dois arquivos referentes ao uso e cobertura vegetal nos mapeamentos realizados nos anos 2007-2008 e 2012-2015, considerando apenas as classes de vegetação nativa, avaliadas também a partir da plotagem de dois mapas. Houve queda de aproximadamente 1,04% (4,51 km²) da cobertura vegetal nativa. A vegetação nativa consolidada apresentou pequena redução e percentuais em torno de 28%, fruto da ação antrópica, como a agropecuária. A mata nativa em estágio inicial de regeneração esteve disposta em torno de 5%, porém, também teve pequena redução, significando um fator preocupante para a reposição da vegetação, que esteve disposta sob fragmentos na maior parte da área e mais concentrada no Parque Estadual da Pedra Azul, abrangido pela zona de amortecimento. Há necessidade de ações voltadas à mitigação e atenuação dos impactos ambientais, além de outras ações por parte dos órgãos gestores do Parque e demais áreas competentes.

PALAVRAS-CHAVE: Cobertura do Solo, Impactos Ambientais, Proteção Ambiental, Unidades de Conservação, Vegetação Nativa.

INTRODUÇÃO

As Unidades de Conservação (UCs) estão entre os principais instrumentos de proteção ambiental que compõem a agenda do poder público e da sociedade civil brasileira, com influência direta sobre a gestão e o planejamento territorial. Essas áreas correspondem a recortes espaciais onde o acesso, a ocupação e qualquer outra forma de alteração por parte das atividades humanas estão limitadas por normas específicas no intuito de garantir a conservação da qualidade ambiental local, no seu entorno e o equilíbrio ambiental requisitado pelas atividades antrópicas (BEIROZ, 2015).

A chamada zona de amortecimento ou zona tampão está localizada no entorno de uma UC, sendo determinada no intuito de minimizar os impactos negativos das atividades externas a ela como, por exemplo, poluição, barulho, aparecimento de espécies exóticas e o avanço da ocupação humana (MILLER, 1997). Ela serve como um filtro, impedindo que atividades antrópicas externas à UC coloquem em risco a zona de amortecimento não possui o mesmo regime de proteção que as UCs e não impede a execução de atividades antrópicas, desde que no licenciamento seja ouvido o órgão gestor e da unidade e que os impactos ambientais devem ser mitigados e compensados (MENECHINO; GÓES, 2017).

A atenção com o entorno das UCs significa um papel fundamental para atingir os objetivos de conservação da natureza, pois, ao mesmo tempo em que permite a manutenção da biodiversidade da área e de toda a dinâmica



da paisagem local, funciona também como uma região onde é possível a implementação de ações que conciliam a conservação ambiental e a geração de benefícios sociais (FERREIRA; PASCUCHI, 2019).

Todavia, o processo de fragmentação e remoção da cobertura vegetal nativa, tanto em baixadas quanto em encostas, dando lugar a novas áreas construídas, significam um grande entrave à proteção mais efetiva das UCs. Essas intervenções na vegetação acarretam desequilíbrios ambientais como, por exemplo, mudanças microclimáticas, diminuição da infiltração das águas pluviais no solo para o abastecimento dos mananciais e aumento da erosão do solo e do escoamento superficial (RIBEIRO; FREITAS; COSTA, 2010). Outro fator relevante que justifica o foco no entorno das UCs é a descaracterização dos objetivos primordiais da zona de amortecimento, evidente em várias delas (PIGNATON; SILVA; SILVA, 2017).

Para auxiliar na gestão das UCs, existem as ferramentas geotecnológicas, tais como o geoprocessamento, os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) e o sensoriamento remoto. Elas permitem a interação e o manuseio de grandes quantidades de dados, precisos e rápidos, extraídos com elevado grau de confiabilidade. Tais geotecnologias tornam o planejamento mais dinâmico e eficiente, contribuindo para um melhor gerenciamento, nas tomadas de decisões e avaliações de ações permitidas em uma UC e na sua zona de amortecimento (REIS; COSTA, 2017).

O objetivo deste trabalho foi analisar a quantificação e distribuição da cobertura vegetal nativa na zona de amortecimento do Parque Estadual do Forno Grande, com vistas a subsidiar melhorias internas e externas à UC.

MATERIAIS E MÉTODOS

O local estudado compreendeu a zona de amortecimento do Parque Estadual do Forno Grande. Essa UC fica localizada no município de Castelo, na mesorregião Sul do Estado do Espírito Santo. Possui área de aproximadamente 730 hectares, com relevo montanhoso e variação altimétrica de 1600 a 2039 metros. A flora é diversificada e sua fauna possui animais na lista de extinção (IEMA, 2019) e sua zona de amortecimento abrange outras UCs importantes, que são: Parque Estadual Mata das Flores e Parque Estadual da Pedra Azul. A Figura 1 mostra a localização do Parque.

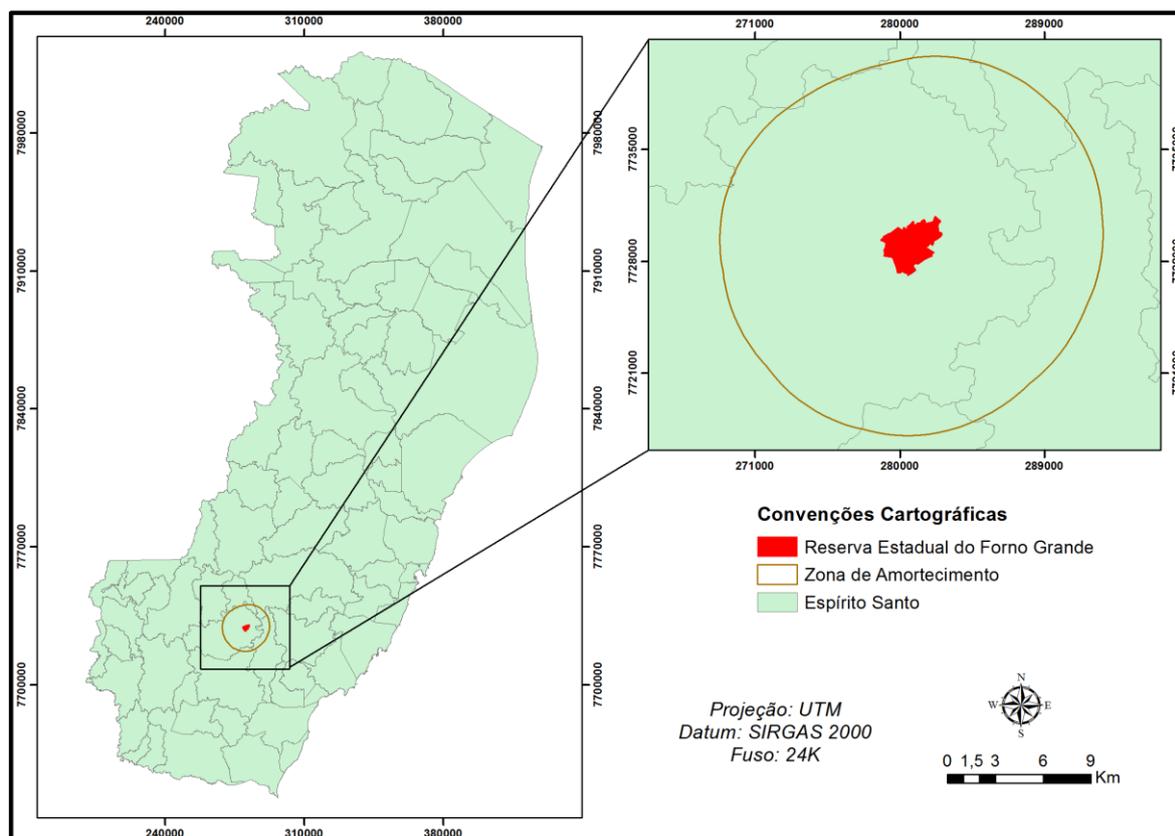
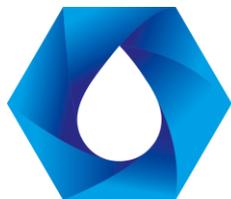


Figura 1: Localização do Parque Estadual do Forno Grande e de sua zona de amortecimento.

A base de dados digitais utilizada foi o Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo (GEOBASES) e o Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN), utilizando o programa computacional ArcGis® 10.2 para a manipulação das informações geográficas. Inicialmente, foi identificada a UC a partir do banco de dados geográficos referentes às UCs do Estado do Espírito Santo. Posteriormente, foi traçado um raio de 10 km, de acordo com o Plano de Manejo do Parque Estadual do Forno Grande (IEMA, 2019), para delimitar sua zona de amortecimento.

Após a delimitação, foram adquiridos, junto ao GEOBASES, dois arquivos de uso e cobertura do solo referentes a dois mapeamentos realizados nos anos de: 2007-2008 e 2012-2015 para o Estado do Espírito Santo, em escala igual ou melhor a 1:25.000, segundo informações do próprio GEOBASES. Em layout do programa, os arquivos foram adicionados e editados para somente a área estudada. As classes de uso e cobertura do solo foram identificadas. A fim de avaliar somente a cobertura vegetal nativa, as classes “mata nativa” e “mata nativa em estágio inicial de regeneração” foram mantidas, excluindo as demais classes. A quantificação das classes foi possível a partir da criação de um campo denominado “área” na tabela de atributos do arquivo editado. A vegetação nativa foi mapeada e quantificada para ambos os mapeamentos, sendo possível realizar as análises quantitativas e de distribuição das duas classes de cobertura vegetal.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A zona de amortecimento da UC estudada possui área igual a 431,88 km², abrangendo 148,7 km² de vegetação nativa no mapeamento de 2007 a 2008 e 144,19 km² no mapeamento de 2012 a 2015, havendo, portanto, um decréscimo do total das classes de vegetação nativa. A Tabela 1 mostra o percentual (%) de área de cada classe de cobertura vegetal para ambos os mapeamentos.



Tabela 1: Percentual (%) das classes de vegetação nativa, em cada mapeamento estudado.

CLASSES	ÁREA (%) – 2007-2008	ÁREA (%) – 2012-2015
Mata nativa	28,996%	28,418%
Mata nativa em estágio inicial de regeneração	5,436%	4,969%

A vegetação nativa consolidada apresentou uma pequena queda no período considerado (em torno de 0,55%), o equivalente a 2,495 km² de área de vegetação nativa retirada. Números inferiores aos de estudos semelhantes, conforme visto no trabalho realizado por Fengler et al. (2012) na zona de amortecimento da Reserva Biológica da Serra do Japi. Os autores estimaram percentuais superiores a 45% para os anos de 1989 e 2010, e um aumento de aproximadamente 23% da cobertura vegetal nativa, embora tenham considerados uma série histórica de maior amplitude entre os anos.

Os percentuais, portanto, deveriam ser mais expressivos no que tange à proteção do Parque Estadual do Forno Grande e às funções adjacentes à zona de amortecimento de uma UC. Atribui-se esses fatos à prática de atividades de cunho tradicional, como a agropecuária, que culminam na retirada da cobertura vegetal nativa consolidada, segundo Morais et al. (2016). Os mesmos autores também relacionam a redução da vegetação nativa com a ocorrência de incêndios florestais em fragmentos, fenômeno este que, apesar de não ser sido o objeto deste trabalho, pode ter contribuído para a pequena redução e os percentuais de vegetação nativa estimados.

Quanto à vegetação nativa em estágio inicial de regeneração, houve uma queda em torno de 0,47%, o equivalente a 2,02 km² de área de vegetação retirada. Esses percentuais poderiam ter sido mais satisfatórios com a atuação mais efetiva de programas de reflorestamento ambiental e a execução de outras medidas de mitigação e atenuação dos impactos ambientais das atividades antrópicas locais, conforme destacado por Vitalli, Zakia e Durigan (2009). Lima et al. (2013) afirma que a recuperação de áreas de pastagem, por exemplo, contribui para aumentar a cobertura vegetal do solo e reduzir as perdas de solo e água nesta região, acarretando maior aumento de infiltração de água no solo e posterior recarga. Outro benefício relevante é a garantia de maior proteção ao Parque Estadual do Forno Grande, função atribuída à sua zona de amortecimento.

As Figuras 2 e 3 apresentam o mapeamento das classes de vegetação nativa da zona de amortecimento da UC para o mapeamento dos anos 2007-2008 e 2012-2015, respectivamente.

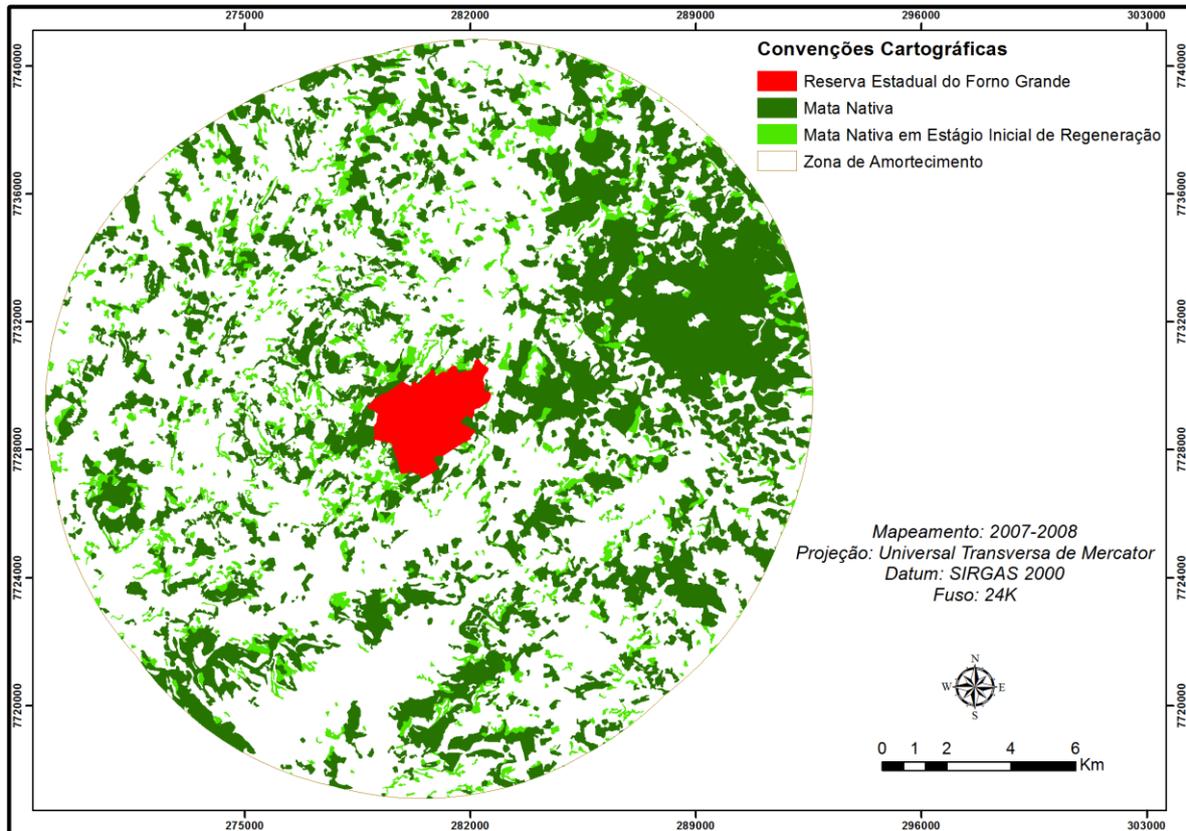


Figura 2: Mapeamento da vegetação nativa no período 2007-2008.

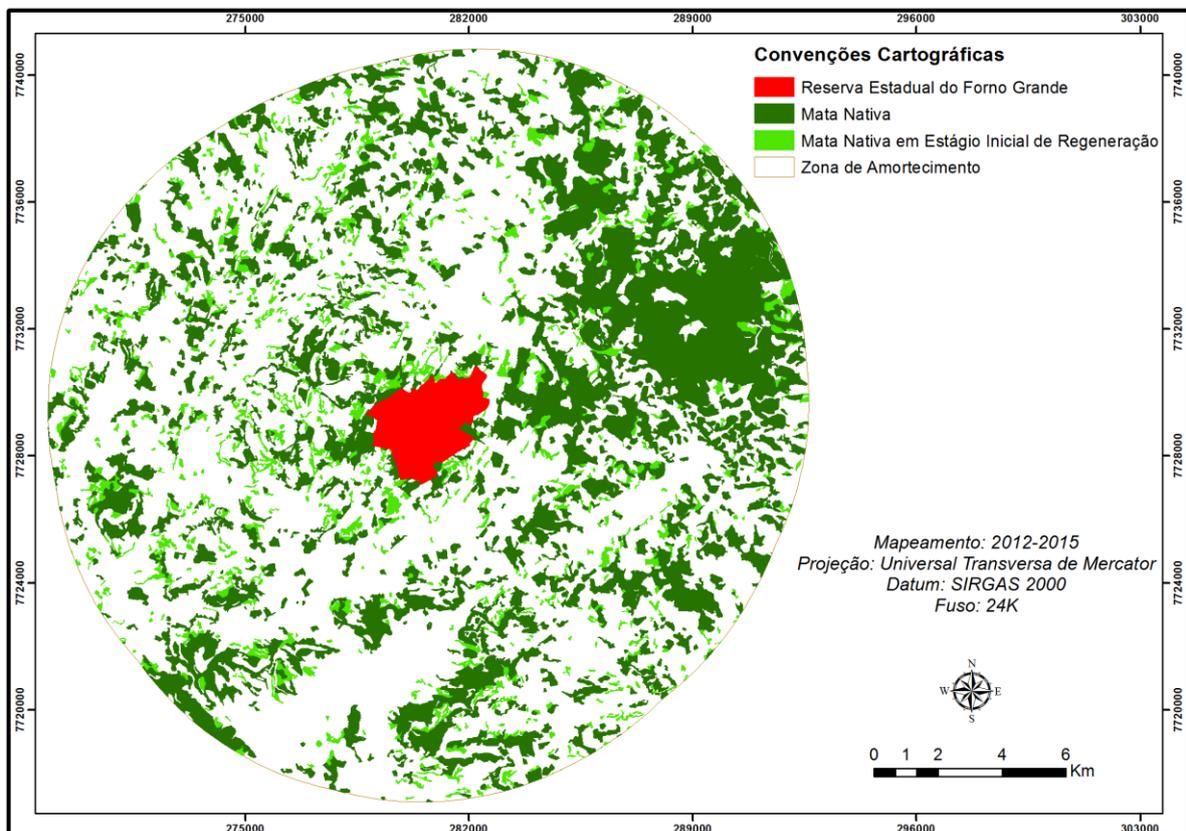


Figura 3: Mapeamento da vegetação nativa no período 2012-2015.



Na maior parte da zona de amortecimento, a vegetação nativa esteve disposta sob fragmentos florestais, sendo que alguns deles estão ligados entre si. Todavia, a excessiva fragmentação, de acordo com Ferreira e Pascuchi (2019), acarreta consequências ecológicas decorrentes do chamado “efeito de borda”, resultante das implicações provocadas nas zonas limítrofes. Com a fragmentação, as fronteiras do ecossistema ficam expostas e se tornam mais vulneráveis a condições que afetam negativamente a natureza local, como a maior penetração da luz solar e dos ventos, influenciando na luminosidade e na umidade do solo.

Os maiores resquícios de vegetação nativa estão na porção nordeste da zona de amortecimento, justificada pela existência do Parque Estadual da Pedra Azul nesta região. Sendo assim, a quantidade, em área, de vegetação nativa na zona de amortecimento é justificada pela presença dessa outra UC, enfatizando a relevância dos parques ecológicos na região.

Diante deste fato, as estratégias de conservação da natureza requerem ações e instrumentos orientados por uma visão sistêmica, considerando todo o domínio ecológico do ecossistema protegido de forma a preservar não apenas a UC, mas toda a rede de influências e interações ecológicas que oferecem subsistência ao equilíbrio das condições ambientais visando à maior proteção da UC (FERREIRA; PASCUCHI, 2019). Algumas dessas estratégias são, por exemplo, a criação de corredores ecológicos em áreas onde é possível a sua implantação, ligando fragmentos florestais e a recuperação de áreas de preservação permanente. Vitalli, Zakia e Durigan (2009) afirmam que essas atividades podem ser realizadas por meio de doação de sementes e mudas e pela oferta de cursos técnicos e orientação técnica. Medidas estas que, além de fomentar o desenvolvimento sustentável das atividades antrópicas na região (como a agropecuária), melhorariam a circulação da fauna localizada nesses fragmentos e trariam melhores condições ambientais para a zona de amortecimento e a área interna do Parque Estadual do Forno Grande.

CONCLUSÕES

Os dados da vegetação nativa foram considerados baixos, dada às atribuições da zona de amortecimento em uma UC. A redução da cobertura vegetal nativa foi baixa, porém, atribuída ao avanço da ação antrópica no meio natural. As classes de vegetação estavam dispostas, na maior parte da área, sob fragmentos florestais, e mais abrangentes na região do Parque Estadual da Pedra Azul, evidenciando a importância das UCs para a melhoria na qualidade ambiental e em minimizar as consequências da fragmentação. Dessa forma, há necessidades de melhorias na zona de amortecimento a partir da ampliação da cobertura vegetal nativa atrelada à outras ações por parte dos gestores do Parque Estadual do Forno Grande e demais autoridades competentes, para que as funções atreladas à zona de amortecimento de uma UC sejam mais efetivas na área estudada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BEIROZ, H. Zonas de amortecimento de unidades de conservação em ambientes urbanos sob a ótica territorial: reflexões, demandas e desafios. **Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 35, p. 275-286, dez. 2015.
2. FENGLER, F. H. et al. Análise temporal da cobertura do solo na zona de amortecimento de reserva biológica. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 25, p. 37-47, set. 2012.
3. FERREIRA, G. L. B. V.; PASCUCHI, P. M. **Zona de amortecimento**: a proteção ao entorno das unidades de conservação. Disponível em: <http://www.ambito-juridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=5917>. Acesso em: 10 de abril de 2019.
4. GEOBASES. Iema – mapeamento ES – 2012-2015. Disponível em: <<https://geobases.es.gov.br/links-para-mapas1215>>. Acesso em: 12 de abril de 2019.
5. IEMA. **Parque Estadual de Forno Grande**. Disponível em: <<https://iema.es.gov.br/PEFG>>. Acesso em: 2 de abril de 2019.
6. INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES. **Shapefiles**. Disponível em: <<http://www.ijsn.es.gov.br/mapas/>>. Acesso em: 12 de abril de 2019.
7. LIMA, G. C. et al. Avaliação da cobertura vegetal pelo índice de vegetação por diferença normalizada (IVDN). **Revista Ambiente & Água**, v. 8, n. 2, p. 204-214, 2013.



II Seminário Estadual de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

Tema: Inovação Tecnológica e de Gestão
para enfrentar os desafios do milênio

OUTUBRO 2019

VITÓRIA-ES

8. MENECHINO, L. P.; GÓES, C. G. de. A cidade e a mata: o conflito entre a zona urbana de Londrina – PR e a zona de amortecimento do Parque Estadual Mata do Godoy. In: Congresso de Direito à Cidade e Justiça Ambiental, 2., 2017, Londrina. **Anais...** Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2017.
9. MILLER, K.R. Evolução do Conceito de Áreas de Proteção – Oportunidades para o século XXI. In: Congresso brasileiro de unidades de conservação, 1., Curitiba, 1997. **Anais...** Curitiba: UNILIVRE, 1997.
10. MORAIS, M. S.; GONTIJO, B. M.; PIUZANA, D. Análise temporal do uso e ocupação do Parque Estadual do Biribiri e de sua Zona de Amortecimento, município de Diamantina, Minas Gerais. Caderno de Geografia, v. 26, n. 46, p. 362-381, 2016.
11. PIGNATON, R. R.; SILVA, M. A.; SILVA, J. R. Caracterização de áreas da zona de amortecimento do Parque Estadual do Rio Doce com a utilização de imagens do satélite LANDSAT 8 e do programa ERDAS. In: Simpósio Nacional de Ciência e Meio Ambiente, 8., 2017, Anápolis. **Anais...** Anápolis: Centro Universitário UniEvangélica, 2017.
12. REIS, T. E.; COSTA, V. C. da. Análise da vulnerabilidade na zona de amortecimento do Parque Estadual do Ibitipoca (MG), com o uso de SIG. **Revista GEOSUL**, Santa Catarina, v. 32, n. 63, p. 77-96, jan./abr. 2017.
13. RIBEIRO, M. F.; FREITAS, M. A. V. de.; COSTA, V. C. da. O desafio da gestão ambiental de zonas de amortecimento de unidades de conservação. In: Seminário Íbero-Americano de Geografia Física, 2., 2010, Coimbra. **Anais...** Coimbra: Universidade de Coimbra, 2010.
14. VITALLI, P. de L.; ZAKIA, M. J. B.; DURIGAN, G. Considerações sobre a legislação correlata à zona tampão de unidades de conservação no Brasil. **Revista Ambiente & Sociedade**, Campinas, v. 12, n. 1, p. 67-82, jan./jun. 2009.

Realização





EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE FÓSFORO DE EFLUENTE DE ETE COM DOSAGEM DO COAGULANTE PAC

RESUMO

A estação de tratamento de esgoto (ETE) Mãe-Bá, localizada no município de mesmo nome no Estado do Espírito Santo, é operada pela Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN) e possui limite outorgado máximo de 1,0 mg/L de fósforo total para o lançamento do efluente tratado na lagoa Mãe-Bá. Para atendimento a este limite faz-se necessário uma etapa de tratamento com desfosfatação físico-química do efluente, cujo projeto da ETE já contemplava. A CESAN utilizava o coagulante cloreto férrico para esta finalidade, entretanto, diversas dificuldades na aplicação do produto foram surgindo ao longo dos anos de operação, como por exemplo, corrosão das tubulações pelo cloreto férrico, manutenção da dosagem ótima do produto, coloração amarelada do efluente final, custos e trâmites para aquisição do produto, e, principalmente, o não atendimento a portaria de outorga de lançamento do efluente. Neste cenário, a área operacional responsável pelo tratamento decidiu por testar novo coagulante para dirimir as dificuldades apresentadas anteriormente, e obteve sucesso nos resultados de remoção de fósforo do efluente tratado na ETE Mãe-Bá com a aplicação do Policloreto de Alumínio (PAC).

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de esgoto, remoção de fósforo, coagulante, PAC.

INTRODUÇÃO

A estação de tratamento de esgoto (ETE) Mãe-Bá possui tratamento do tipo UASB (Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente) + BF (Biofiltro Aerado Submerso) + DS (Decantador Secundário) acrescido de sistema de desfosfatação físico-química do efluente. A ETE opera com eficiência média de remoção de DBO acima de 90%, foi projetada para vazão média de 4,0 l/s e atualmente opera com vazão média de 2,83 l/s. O corpo receptor é a Lagoa Mãe-Bá.

O início de operação da ETE ocorreu em 2009, sendo que de 2012 até 2016 utilizou-se o cloreto férrico como coagulante para remoção de fósforo do efluente. Este sal, ao se combinar com o fósforo forma um precipitado que sedimenta no decantador secundário podendo ser removido do sistema através do descarte de lodo. Para o processo ser efetivo era necessário realizar um ajuste fino da dosagem. Dessa forma, mesmo após diversos testes e ajustes verificou-se que a única forma de dosagem que se mostrava efetiva, porém com resultados pouco satisfatórios, seria a aplicação da solução bruta, em grande quantidade. Contudo, os resultados laboratoriais indicavam que, para grande parte das amostras, o limite de fósforo outorgado (1,0 mg/L) não era atendido.

A dosagem do cloreto férrico bruto possuía ainda outro agravante por produzir uma coloração amarelada ao efluente final da ETE, conforme observado também por Silva (2014). Este fato impactava no aspecto estético do lançamento e era alvo de grande rejeição e reclamações recorrentes por parte dos usuários da Lagoa de Mãe-Bá, que atribuíam a coloração à ineficácia do tratamento. Ainda, devido ao não atendimento ao padrão de lançamento de fósforo em alguns períodos, a CESAN recebeu diversas notificações do órgão ambiental.

Devido à dificuldade nos trâmites para aquisição do cloreto férrico (licitação), sendo esta ETE a única da CESAN que ainda utilizava o produto em 2017, e tendo que atender a portaria de outorga de lançamento que considera que a concentração máxima de fósforo total no efluente tratado pode ser até 1,0 mg/L, surgiu a necessidade de testar outro produto para alcançar a desfosfatação do efluente.

COAGULANTES E REMOÇÃO DE FÓSFORO DE EFLUENTE

Segundo Wang *et al.* (2005), em comparação aos diferentes tipos de tratamentos, o método físico-químico por flocodecantação com o uso de sais inorgânicos demonstra maior eficiência na remoção de fósforo. Estes sais,



comumente utilizados os de alumínio e ferro, agem como agentes coagulantes diretamente nos colóides e sólidos suspensos das cargas poluentes.

Kemira (2009), *apud* Silva (2014), traça um comparativo de graus de eficiência de alguns coagulantes frente a alguns parâmetros, conforme Figura 1.

Coagulante/ Floculante	Redução Particulados	Metal Residual	Redução P-total	Redução H ₂ S	Redução Cor	Extensão pH	Volume Lodo	Red. DQO
Al ₂ (SO ₄) ₃	3	3	3	0	3	2	2	2
Sulfato de alumínio e ferro	3	3	4	0	3	3	3	3
PAC(padrão)	3	3	3	1	3	3	3	3
PAC (alta basicidade)	4	3	3	1	3	4	2	3
Polímero (não-iônico/ aniônico/ catiônico)	4	0	1	0	3	3	4	4

0 = nenhuma	1 = ruim	2= intermediária	3 = boa	4 = muito boa
-------------	----------	------------------	---------	---------------

Figura 1. Comparativo de atuação de diferentes coagulantes
Fonte: Kemira (2009) *apud* Silva (2014)

Silva (2014) realizou testes em bancada aplicando dosagens de Cloreto Férrico e PAC e avaliou as eficiências de remoção de cor, turbidez, fósforo total e sulfetos para efluente de reator UASB. O autor observou aumento na eficiência de remoção de fósforo total com o aumento da dosagem do coagulante policloreto de alumínio, até um máximo de remoção de 43% com uma dosagem de 100 mg/L, e concluiu que o PAC é muito menos suscetível à reação indesejada que ocorre com sulfetos dissolvidos, mantendo boas eficiências de remoção de fósforo, cor e turbidez no tratamento físico-químico por flotação.

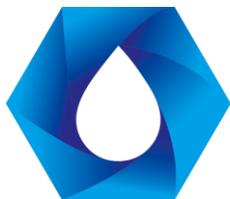
Ainda, o PAC possui vantagens de não agredir os equipamentos utilizados no tratamento de esgoto de forma tão intensa como acontece com o uso do cloreto férrico e apresenta baixo consumo de alcalinidade do esgoto, formando um floco consistente, entretanto, como desvantagem, o lodo de alumínio é mais difícil de desidratar e tem pouca perspectiva de reutilização (Silva, 2014).

Conforme Giordano e Surerus (2015), a coagulação química seguida da precipitação do fósforo, é o método mais eficaz para remoção deste nutriente dos esgotos sanitários e industriais. Outro processo com eficácia também comprovada é a eletrocoagulação.

Na precipitação química, a adição de sais metálicos proporcionam reações que são regidas pela formação de compostos insolúveis conforme as equações 1 e 2:



Para que as reações aconteçam o fósforo deve estar disponível na forma do íon fosfato $[\text{PO}_4]^{-3}$.



OBJETIVOS

Substituir o coagulante utilizado na remoção de fósforo do efluente tratado da ETE Mãe-Bá para atendimento a portaria de outorga de lançamento e avaliar o custo-benefício do novo produto.

METODOLOGIA

O processo de tratamento da ETE Mãe-Bá compreende as etapas: pré-tratamento, tratamento anaeróbio seguido por tratamento aeróbio e desfosfatação físico-química. O fluxograma simplificado do tratamento é apresentado na Figura 2 e a descrição das unidades na Tabela 1.

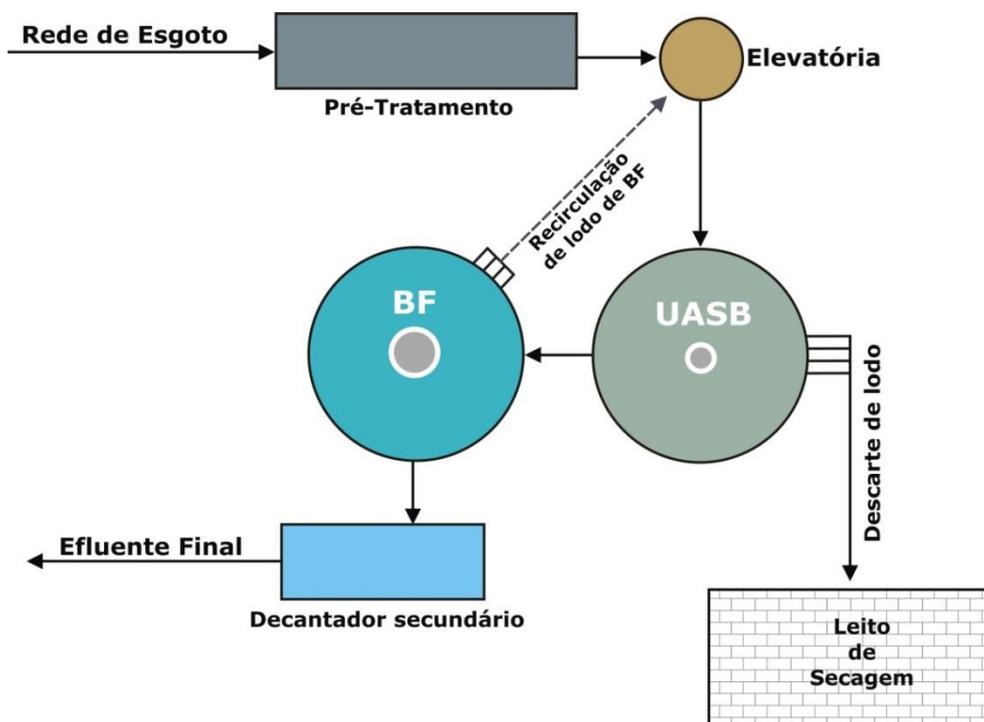
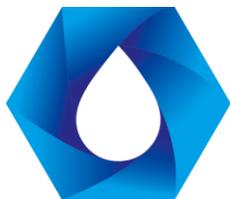


Figura 2. Fluxograma do tratamento de esgotos da ETE Mãe-Bá
Fonte: MEMORIAL DESCRITIVO (2008)

Tabela 1. Unidades e componentes da ETE Mãe-Bá

Unidade	Componentes
Pré-tratamento	Gradeamento médio, caixa de areia e caixa de gordura
Estação elevatória	Poço e conjunto moto-bomba
Tratamento anaeróbio	Reator anaeróbio de manta de lodo e fluxo ascendente (UASB)
Tratamento aeróbio	Biofiltros aerados submersos (BF)



Dispositivo de Segurança para Desinfecção	Decantadores Secundários (DS)
Tratamento terciário	Remoção de fósforo
Tratamento do lodo	Leitos de Secagem
Tratamento do Gás	Queimador do Biogás

Fonte: MEMORIAL DESCRITIVO (2008)

O lodo gerado no processo de tratamento é destinado a aterro sanitário licenciado.

O trabalho foi desenvolvido em duas etapas que serão descritas a seguir:

PRIMEIRA ETAPA: ESTUDOS EM LABORATÓRIO

Em março e abril de 2017 foram realizados testes de jarro para encontrar a melhor dosagem de PAC a ser aplicada na ETE, conforme Figura 3.



Figura 3. Execução dos testes de jarro

Fonte: O autor (2017)

Foram utilizadas alíquotas de 5mL, 10mL, 15mL e 20mL de solução de PAC (Al_2O_3 - 42% sólidos), diluída a 1% (v/v), em amostra do efluente tratado coletado na saída do reator UASB. Os ensaios foram realizados utilizando-se 2 litros de amostra em cada um dos quatro jarros. Os parâmetros utilizados no teste foram: 2 minutos na agitação rápida, 15 minutos na agitação lenta e 15 minutos de sedimentação.

Os jarros que apresentaram melhores resultados de sedimentação foram aqueles com adição de 15 e 20 mL de PAC, sendo referência para a dosagem em planta.

SEGUNDA ETAPA: APLICAÇÃO NA ESTAÇÃO

Os resultados obtidos, em laboratório, permitiram definir a dosagem ótima a ser aplicada na estação, que foi de 15 mg/L de PAC.



Em março de 2017 foi automatizada a dosagem do PAC na ETE, sendo o ponto de aplicação a tubulação de entrada do biofiltro aerado, após o tratamento no reator UASB.

A aplicação do PAC foi parametrizada para iniciar toda vez que a bomba de esgoto bruto fosse acionada, sendo instalado um temporizador no painel de controle para aumentar o tempo de dosagem, tornando-a contínua. A dosagem aplicada é a mesma definida pelo teste de jarro, que é de 2 mL/5 segundos.

As amostragens para controle operacional da eficiência de remoção de fósforo foram programadas com frequência mensal, mesmo as exigências da licença de operação e portaria de outorga de lançamento da ETE ser de periodicidade trimestral, buscando-se agilidade na avaliação dos dados e ajustes, caso necessário, no sistema de dosagem.

As análises laboratoriais de determinação de fósforo total foram realizadas conforme Standard Methods for the Examination of water and wastewater, 23ª Edição; 4500-P B e E (APHA, 2017).

RESULTADOS

Durante o período no qual se utilizava o cloreto férrico para precipitação química do fósforo, os valores médios de remoção ficaram em torno de 76%, comparando-se afluente e efluente, e muitos resultados não atendiam a portaria de outorga da ETE, pois o ajuste fino da dosagem do coagulante era de difícil controle operacional.

Após o início da aplicação do PAC em março de 2017 até abril de 2019 (26 meses), foram realizadas análises de monitoramento mensal de fósforo do efluente, sendo que em três datas os resultados não atenderam a Portaria de Outorga (valores acima de 1,0 mg/L), entretanto a menor eficiência de remoção de fósforo foi de 77% no período. Estes resultados são justificados em função de problemas operacionais no sistema de aeração do biofiltro, que influenciam diretamente na mistura do coagulante e, conseqüentemente, no processo de precipitação química do fósforo. Cabe ressaltar que vem sendo realizadas amostras com frequência superior ao exigido pela licença de operação e portaria de outorga de lançamento da ETE, portanto, os resultados que estão fora do limite são de amostras extras. Os valores médios de remoção de fósforo no período avaliado, comparando-se afluente e efluente, foram de 95%, conforme demonstrado na Figura 4.

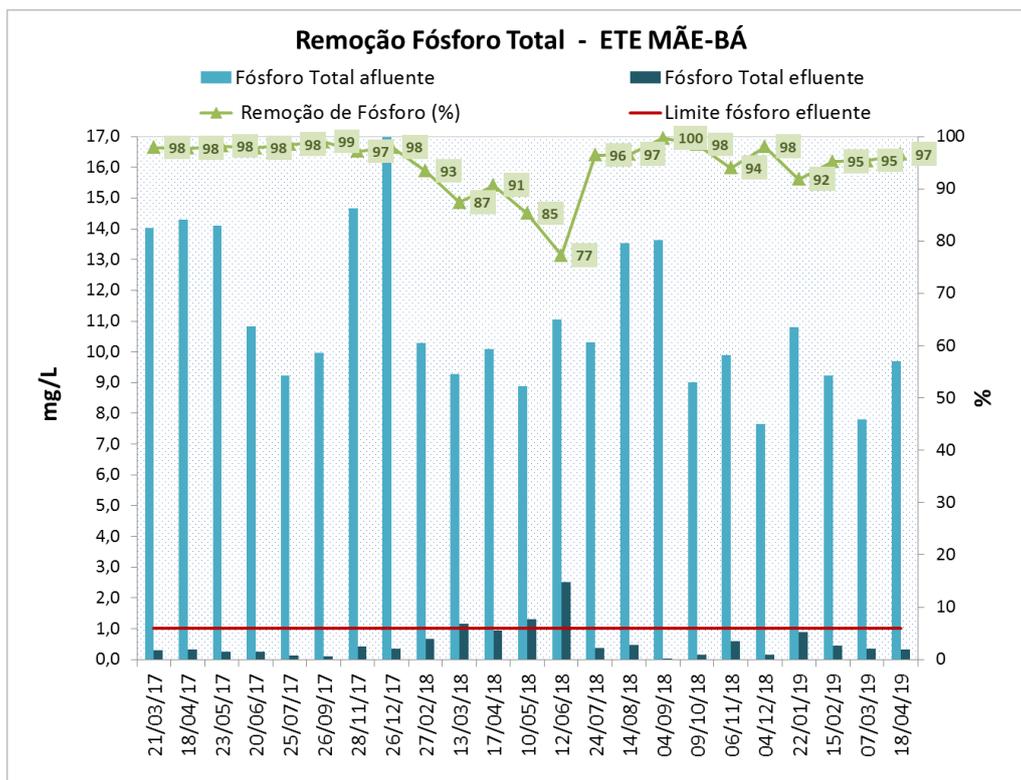


Figura 4. Resultados do monitoramento de fósforo total na ETE Mãe-Bá

Os resultados corroboram com o que é apresentado na literatura científica, demonstrando a excelente eficiência da aplicação de sais de alumínio na precipitação química do fósforo presente em esgotos (Figura 5).



Figura 5. Eficiência do tratamento na ETE Mãe-Bá



Avaliou-se ainda o custo benefício do PAC em relação ao cloreto férrico, calculando-se o consumo mensal dos dois produtos, de acordo com a dosagem requerida, demonstrando que o custo com cloreto férrico (R\$ 12.650,62) seria quase 10 vezes o custo com PAC (R\$ 1.350,98).

CONCLUSÕES

Os resultados das análises laboratoriais demonstraram a efetividade da aplicação do PAC para remoção de fósforo do efluente da ETE Mãe-Bá, com valores médios de 95% de eficiência.

Após a substituição do cloreto férrico pelo PAC não houve reclamações de usuários da Lagoa Mãe-Bá quanto à coloração do efluente.

Além do cumprimento da portaria de outorga de lançamento, a dosagem de PAC é uma alternativa viável econômica e tecnicamente por se tratar de um produto de ampla utilização nas Estações de Tratamento de Água da CESAN. Ainda, foi possível demonstrar a relação custo-benefício do PAC sobre o Cloreto Férrico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA - American Public Health Association; AWWA - American Water Works Association & WPCF - Water Pollution Control Federation, 2017. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23 st ed. Washington, DC.
2. GIORDANO, GANDHI; SURERUS, VICTOR. Efluentes Industriais – Estudo de Tratabilidade. Volume 1. Rio de Janeiro: Publit, 2015.
3. MEMORIAL DESCRITIVO – Estação de Tratamento de Esgoto Anchieta / ES. Documento Interno CESAN. 2008.
4. SILVA, Jader de Oliveira. AVALIAÇÃO DO AUMENTO NO CONSUMO DE COAGULANTE DA ETE UBERABINHA DEVIDO À REAÇÃO DE SULFETOS. XVIII Exposição de Experiências Municipais em Saneamento. Uberlândia - Minas Gerais, 2014.
5. WANG, Y.; HAN, T.; XU, Z.; BAO, G.; ZHU, T. Optimization of phosphorus removal from secondary effluent using simple method in Tianjin, China. Journal Hazard Mater, v. 121, n. 1–3, p. 183–186, 2005.



ESTIMATIVA DO POTENCIAL NATURAL DE EROÇÃO (PNE) NA REGIÃO DA MICROBACIA DE SÃO JOAQUIM – CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM/ ES

Walter Macêdo de Assis⁽¹⁾

Graduando em Engenharia Civil Pelo Centro Universitário São Camilo - ES.

Kézia Catein dos Santos⁽²⁾

Graduanda em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

Herbert Torres⁽³⁾

Graduado em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Mestre em Produção Vegetal pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Professor do Centro Universitário São Camilo - ES

Endereço⁽¹⁾: Rua Coronel Monteiro da Gama, 117 - Centro - Alegre - ES - CEP: 29500000 - Brasil - Tel: (28) 99882 6005- e-mail: walter.assis1@outlook.com

RESUMO

O distrito de São Joaquim – Cachoeiro de Itapemirim ES, é uma área com enorme potencial de desenvolvimento industrial e residencial, portanto é interessante ressaltar a importância da união da necessidade de crescimento econômico junto a preservação do patrimônio ambiental. Com isso, é necessário um programa de monitoramento de erosão para o auxílio do desenvolvimento da ocupação e utilização do solo, com intuito de manutenção da qualidade ambiental. Objetivando a predição do Potencial Natural de Erosão (PNE) da região da micro bacia hidrográfica de São Joaquim, será empregada a Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS), com o auxílio do ambiente SIG, para obtenção de parâmetros necessários a equação, integração entre dados e o cálculo do potencial erosivo inerente a região.

PALAVRAS-CHAVE: Bacia Hidrográfica, Equação Universal de Perda de Solos, Erosão, Fator Topográfico.

INTRODUÇÃO

As bacias hidrográficas podem ser definidas como sistemas geomorfológicos drenado por cursos de água ou por sistemas de canais conectados, que convergem direta ou indiretamente para um rio principal, formando um sistema ideal para o planejamento do manejo integrado dos recursos naturais (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

Assim como as bacias hidrográficas, os solos também são recursos naturais fundamentais para a manutenção da vida na terra. Nas últimas décadas, seu uso e manejo em função de suas implicações econômicas, sociais e ambientais têm sido alvo de atenção e preocupação (MACIEL, 2000).

Um das constatações mais evidentes ligadas ao uso dos solos, é o crescimento demográfico, o qual gera uma utilização cada vez mais intensiva deste recurso e uso indiscriminado para produção de alimentos, implicando em uma grande problemática: a erosão, causando o esgotamento do solo, que gera escassez de alimento e, conseqüentemente, a fome (MACIEL, 2000).

A erosão pode ser entendida como um processo de degradação do solo devido a atuação dos fatores naturais e antrópicos, e vem ganhando cada vez mais atenção dos pesquisadores, tanto no que diz respeito à manutenção da produtividade agrícola como no que se refere à preservação de uma forma geral (ALVES, 2000). Sendo considerada um dos mais importantes problemas ambientais da atualidade pois atinge indiscriminadamente regiões agrícolas, centros urbanos e áreas naturais (MORAIS; SALES, 2017).

É importante ressaltar que os danos causados pela erosão também apresentam efeitos externos à produção agrícola, como: danos à estrutura civil; rompimento de barreiras e interdição de estradas; inundações; sedimentação de rios e reservatórios; desmatamento e desertificação. Deste modo, os custos da erosão são



representados pelos gastos incorridos com transporte de sedimentos, manutenção de estradas, drenagem, desgastes de máquinas e implementos, gastos com prevenção a inundações, dentre outros (OLIVEIRA, 2006).

Adotando medidas que reduzam a mecanização, evitem a exposição do solo, diminuam a velocidade da enxurrada e dificultem o aporte de sedimentos nos cursos d'água, os impactos ambientais podem ser reduzidos. Estas medidas combinadas ao planejamento das atividades agrícola em função das condições naturais de relevo, solo e sazonalidade das chuvas, contribuirão para preservação da qualidade ambiental do meio físico (COSTA, 2005).

Diante disso, o presente trabalho explana, através da Equação Universal de Perda de Solos, sobre o potencial natural de erosão (PNE) dos solos da Microbacia hidrográfica do distrito de São Joaquim – Cachoeiro de Itapemirim/ ES.

MATERIAIS E MÉTODOS

A partir da década de 1940 começou o desenvolvimento de equações visando prever as perdas de solo. A Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) foi desenvolvida com o objetivo de determinar perdas do solo por erosão laminar e em sulco em pequenas parcelas agrícolas e para longo período de tempo, independentemente de ter ou não uma denominação correta (WISCHMEIER; SMITH, 1978).

A formulação da EUPS desenvolvida por Wischmeier & Smith em 1965 nos EUA, é uma das mais aceitas e utilizadas para predição de perdas do solo por erosão laminar, sendo definida pela seguinte equação:

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P \quad (1)$$

Onde:

“A”: é a perda de solo, em ton/ha.ano; “R”: é o fator erosividade da chuva, em MJ.mm/(ha.h); “K”: é o fator erodibilidade do solo, em ton. ha.h. / ha.(MJ.mm); “L”: é o fator comprimento de rampa (adimensional); “S”: é o fator declividade, baseado em % de declividade; “C”: é o fator uso e manejo do solo (adimensional); “P”: é o fator prática conservacionista.

O PNE resulta da combinação das características naturais inerentes de determinada região, relevo, solo e sazonalidade das chuvas. A formulação se dá por:

$$A = R \times K \times L \times S \quad (2);$$

DELIMITAÇÃO DA MICROBACIA DE ESTUDO:

Para delimitação da área de estudo foi utilizado imagem do mapeamento Shuttle Radar Topography Mission – SRTM, obtido no site TOPODATA, do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas espaciais). Utilizando o programa QGIS 2.18, foi aberto a imagem e utilizado o aplicativo GRASS GIS para a delimitação automática da microbacia.

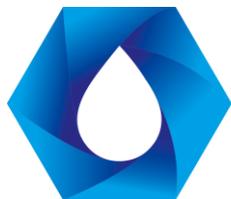
ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS: FATOR R.

Como a cidade de Cachoeiro de Itapemirim não possui dados de série histórica de precipitação, foram utilizados dados de Burarama, distrito de Cachoeiro, obtidos no site da ANA (Agencia nacional de águas). A partir dos dados obtidos, foi feita a média dos últimos 30 anos e aplicado as equações 3, 3.1 e 3.2 propostas por Renard & Freimund (1994) e adaptadas por Carvalho et al, (2005) para bacia do Rio Itapemirim:

$$EI30a = \sum EI30m \quad (3).$$

$$EI30m = 33,86MFI + 67,99 \quad (3.1);$$

$$MFI = (Pm^2/Pa) \quad (3.2);$$



Onde:

MFI: Índice de Fournier modificado (mm);

Pm: Precipitação média do mês (mm);

Pa: Precipitação média do ano (mm);

EI30m: Erosividade média do respectivo mês (MJ ha-1mm h-1);

EI30a: Erosividade média anual (MJ ha-1mm h-1).

ESTIMATIVA DA ERODIBILIDADE: FATOR K.

De acordo com o Mapa de Reconhecimento dos solos do estado do Espírito Santo (INCAPER, 2016), a região se encontra em uma área que apresenta dois tipos de solos, Chernossolo Argilúvico e Argissolo Vermelho. Foram coletadas 5 amostras simples para cada tipo de solo e retirado 1 amostra composta para cada tipo. As amostras foram enviadas para o laboratório de solos “Raphael M. Bloise” da UFES (Universidade Federal do Espírito Santo) – campus de Alegre para determinação dos índices físicos e do teor de matéria orgânica. A permeabilidade foi classificada de acordo com a tabela de McCuen (1998), assim, obtendo os dados necessários para o cálculo com a equação (4) proposta por Denardin (1990) apud (ARRAES et al., 2010):

$$K = 0,00000748M + 0,00448059P - 0,0631175DMP + 0,01039567R \quad (4);$$

Onde:

M (%) = (areia fina + silte) x [(areia fina + silte) + areia grossa] (4.1);

P = valor da permeabilidade, será estimada analisando de forma integrada os dados de todo perfil do solo, até o topo do horizonte C, adotando esses valores: 1 = muito baixa, 2 = baixa, 3 = baixa a moderada, 4 = moderada, 5 = moderada a rápida, 6 = rápida;

DPM = diâmetro médio ponderado das partículas de solo (mm), calculado pela equação (4.2): $DPM = [(0,65 \times \text{areia grossa}) + (0,15 \times \text{areia fina}) + (0,0117 \times \text{silte}) + (0,00024 \times \text{argila})]/100$ (4.2);

R = [areia grossa x (teor de matéria orgânica/100)] (4.3).

ESTIMATIVA DO FATOR TOPOGRÁFICO: LS.

Para determinar o comprimento da encosta (L), foi aplicado o método do retângulo equivalente modificado por Villela e Mattos (1975), representado pela equação (5):

$$L = A/4l \quad (5);$$

Onde:

L = fator comprimento de rampa e/ou extensão média do escoamento sobre os terrenos (m);

A = área da bacia (m²);

l = somatório do comprimento de todos os cursos d'água da bacia (m).

No que tange o grau de declividade (S), a partir da imagem SRTM adquirida no site do INPE, foi obtido o modelo numérico de terreno (MNT) para a declividade e, a partir dos dados, gerado um mapa temático com cada cor representando seu respectivo valor, variando de 0 a 20%.

Para combinação dos fatores supracitados e obtenção do fator topográfico (LS), foi utilizado a linguagem de programação escrita em LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico), com objetivo de aplicar o valor obtido pela equação (5) ao mapa de declividade gerado. O cálculo do fator (LS) foi realizado através da equação (6) desenvolvida por Bertoni & Lombardi Neto (1999) e especializado em forma de mapa no software SPRING, do INPE.

$$LS = 0,00984L^{0,63} \times S^{1,18} \quad (6);$$

Onde:

LS: fator topográfico;



L: comprimento de rampa (m);
S: declividade (%).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Figura 1: Limite da área de estudo.

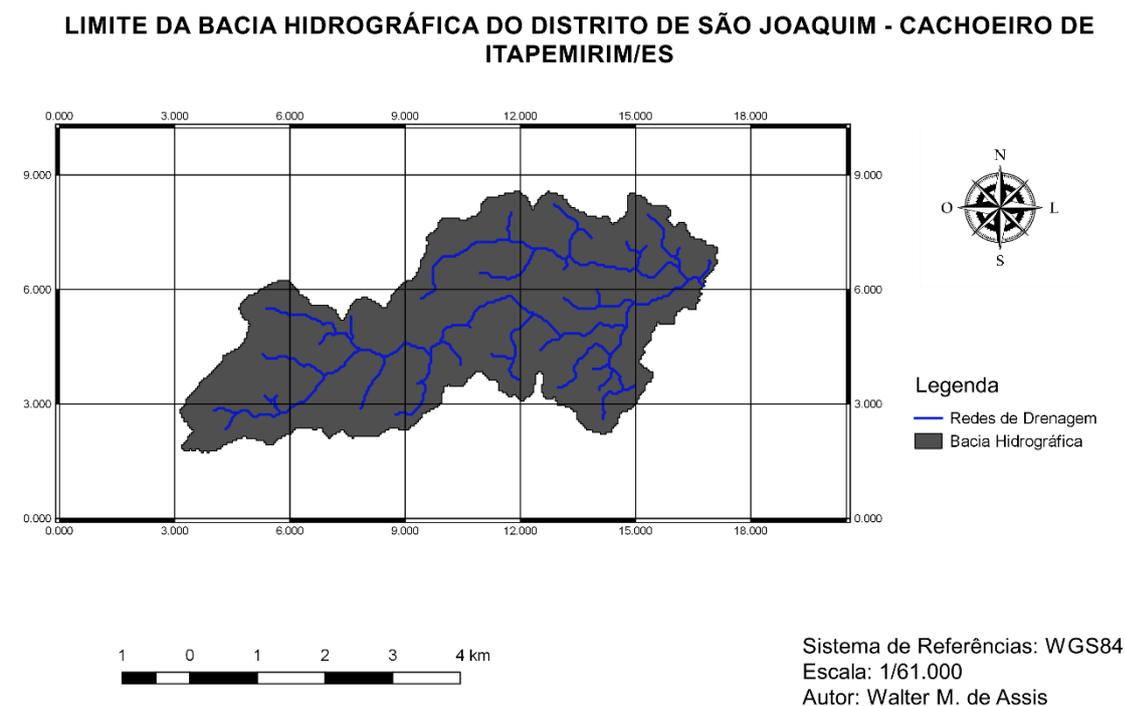


Figura 1: Limite da área de estudo. Fonte: O Autor 2019.

Para o estado do Espírito Santo os meses mais chuvosos e com maiores médias de erosividade são: dezembro, novembro e janeiro, nessa ordem. Em termos de comportamento anual da precipitação e erosividade a bacia do Rio Itapemirim apresenta média de: 1270 mm e 6.000 MJ ha⁻¹mm h⁻¹, respectivamente. Contudo, vale ressaltar que os determinados valores são médios, podendo existir sub-regiões com valores mais altos ou mais baixos (MELLO et al., 2012).

No que diz respeito a microbacia do distrito de São Joaquim, os meses que registraram maiores índices de precipitação foram: dezembro, novembro e janeiro. Para a precipitação anual e índice de erosividade foram obtidos: 1600,83mm e 7662,04 MJ ha⁻¹mm h⁻¹, respectivamente. Os resultados logrados apresentam valores ligeiramente maiores do que os dados supracitados, variações normais, ocasionadas pelas particularidades de cada sub-região.



Aplicando os resultados obtidos com as análises de solo na equação (4), foram obtidos:

Tabela 1: Fator de Erodibilidade para cada tipo de solo:

Fator de Erodibilidade do Solo	
Solo	K (t.ha/há.MJ.mm)
Argissolo Vermelho	0,025
Chernossolo Argilúvico	0,015

Tabela1: Fator K para cada tipo de solo. Fonte: O Autor 2019.

Figura 2: Fator LS espacializado ao longo do local de estudo.

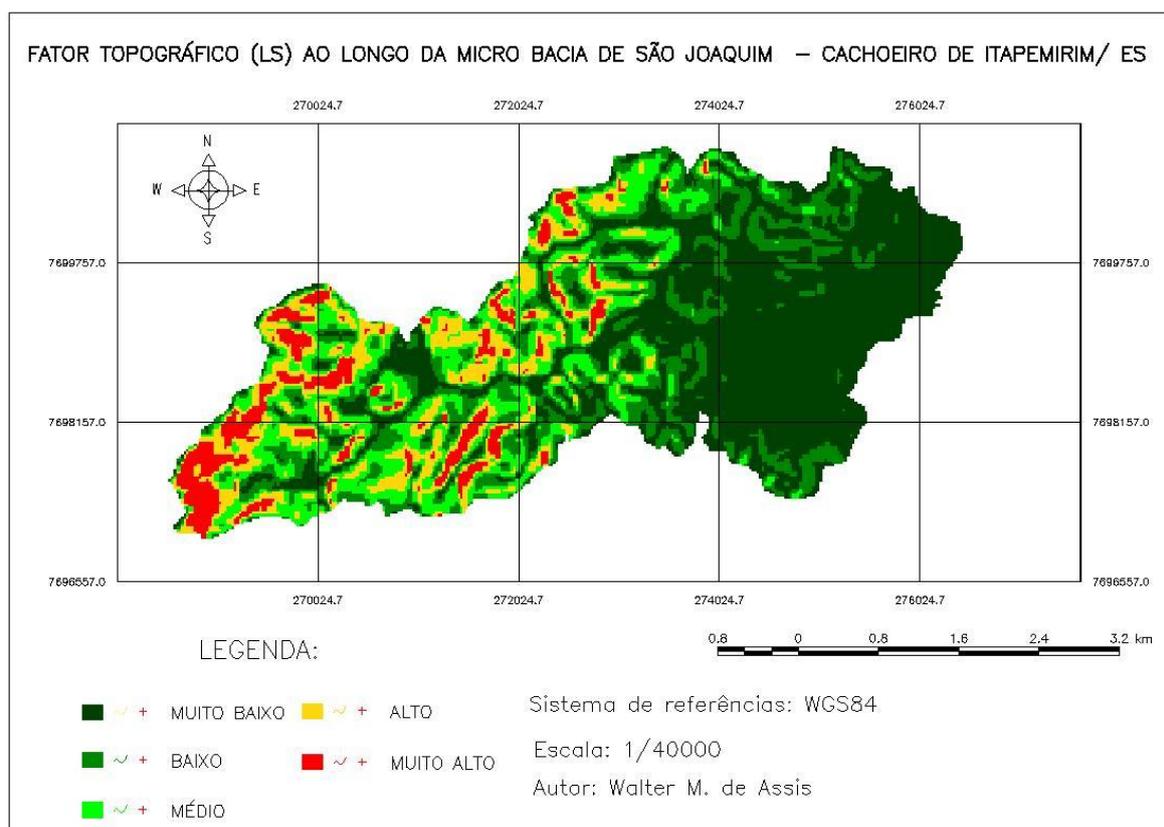


Figura 2: Fator LS espacializado ao longo do local de estudo. Fonte: O Autor 2019.

A figura supracitada apresenta os valores espacializados ao longo da microbacia hidrográfica, classificados de muito baixo à muito alto. Segundo Souza (2003), pode-se afirmar que as taxas erosivas são influenciadas diretamente pelo relevo, que interfere na hidrodinâmica do escoamento superficial.

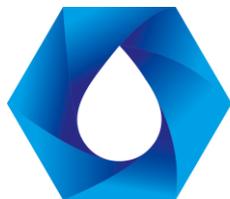


Figura 3: Potencial de Erosão Natural (PNE) espacializado ao longo do local de estudo.

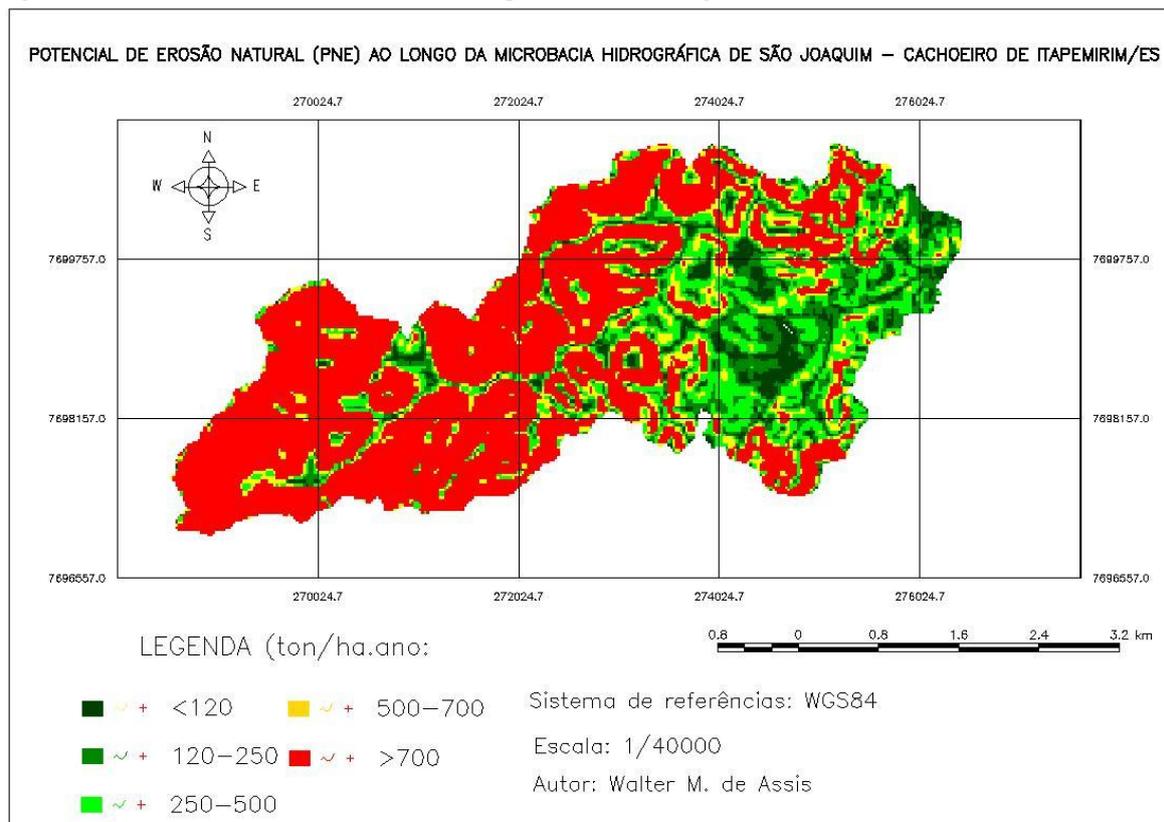


Figura 3: Potencial de Erosão Natural (PNE) espacializado ao longo do local de estudo. Fonte: O Autor 2019.

A figura 3 representa o local de estudo, sendo uma área relativamente pequena, com 18,38 km² que apresenta somente dois tipos de solos prevalentes e uma distribuição de precipitação constante ao longo de toda sua extensão, portanto, é sabido afirmar que a principal causa do PNE se dá pelo fator topográfico (LS). Correlacionando o mapa do Fator LS com o mapa de Potencial Natural de Erosão (PNE), se observa a forte incidência da erosão em todo o envolto de relevos que apresentam declividade acentuada.

Identificando o fator topográfico como principal ocasionador dos processos erosivos junto a demasiada erosividade das chuvas, se observa o alto risco de erosão para áreas da bacia que apresentam relevo salientado, condição que demanda a adoção de planejamento ambiental, disciplinando o uso e ocupação do solo, levando em conta as condições ambientais da bacia (MORAIS; SALES, 2017).

A resistência dos solos à erosão pode ser alterada de acordo com o manejo e a cobertura vegetal. A vegetação apresenta vários efeitos: proteção direta contra o impacto das gotas de chuva, interceptação da água, decomposição das raízes das plantas que contribuem na infiltração, melhoramento da estrutura do solo pela adição de matéria orgânica e diminuição da velocidade de escoamento da enxurrada pelo aumento do atrito na superfície (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1985 apud COSTA, 2005).

Com isso, se ressalta a importância de se manter a cobertura vegetal para que o solo não fique exposto e acelere o processo de erosão. E, ainda, a implementação de práticas conservacionista, como a plantação de árvores esparsas, para proteção contra a ação hidrodinâmica, reduzindo a força do escoamento superficial.



CONCLUSÕES

O cartograma de PNE apresentado permitiu identificar as zonas mais suscetíveis a erosão que representam mais de 50% da bacia, sendo zonas desfavoráveis para o estabelecimento de áreas de urbanização e que requerem a aplicação de práticas conservacionistas.

Conclui-se que a micro bacia do distrito de São Joaquim – Cachoeiro de Itapemirim/ ES, possui o potencial natural de erosão muito alto, visto que os seus respectivos valores ultrapassam 700 t/há.ano em mais da metade de sua extensão.

A utilização da Equação Universal de Perda de Solos (EUPS) com o auxílio do ambiente SIG, para medição do Potencial de Erosão Natural da Região se mostrou satisfatória, sendo uma metodologia barata e com grau de dificuldade relativamente baixo. Porém, estudos complementares são necessários para validação do resultado obtido, de modo a permitir recomendações específicas de uso e manejo para a região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALVES, M. Estimativa da perda de solo por erosão laminar na bacia do rio São Bartolomeu-DF usando técnicas de geoprocessamento. 2000. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/cursos/ser300/trabalhos/mariza.pdf>> Acesso em: 18 maio de 2018.
2. BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. 4. ed. São Paulo: Ícone Editora, 1999.
3. CARVALHO, D. F. de et al. Padrões de precipitação e índices de erosividade para as chuvas de Seropédica e Nova Friburgo, RJ. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v. 9, n. 1, p. 7-14, Mar. 2005. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662005000100002&lng=en&nrm=iso>. accesson 11 Mar. 2019.
4. COSTA, A. L. C. da. Estudo da vulnerabilidade à erosão com a aplicação da Equação Universal de Perda de Solo na Alta Bacia Hidrográfica do Rio Jacaré Pepira, utilizando SIG/SPRING. 2005. 168 p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente)- Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, [S.l.], 2005. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/92785/costa_alc_me_rcla.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 09 maio 2018.
5. MELO, C. R. et al. Distribuição Espacial da precipitação e da erosividade da chuva mensal e anual do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 2012. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180225136026>> Acesso em: 21 de fev. de 2019.
6. ESTIMATIVA DA ERODIBILIDADE DO SOLO PARA FINS CONSERVACIONISTAS NA MICROBACIA CÓRREGO DO TIJUCO, SP. [S.l.]: **BioscienceJournal**, 2010. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/viewFile/7218/6604>>. Acesso em: 11 maio 2018.
7. INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL (INCAPER). Mapa de Reconhecimento de Solos do Estado do Espírito Santo: uma atualização da legenda. 2016. Disponível em: <<https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/2667/1/Mapa-reconhecimento-solos-ES.pdf>> Acesso em: 02 de abril de 2019.
8. MACIEL, M. M. **Aplicação da Equação Universal de perda de solo (USLE) em ambiente de geoprocessamento e sua comparação com aptidão agrícola**. 2000. 88 p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Agronomia)- Universidade Federal do Paraná, Universidade Federal do Paraná, [S.l.], 2000. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/39052/D%20%20MANOEL%20MARQUES%20MACIE%20L.pdf?sequence=2>>. Acesso em: 11 maio 2018.
9. MCCUEN, Richard H. **Hydrologic Analysis and Design**. Maryland, USA: Pearson Education, 1998.
10. MORAIS, Reurysson Chagas de Sousa; SALES, Marta Celina Linhares Sales. Estimativa do Potencial Natural de Erosão dos Solos da Bacia Hidrográfica do Alto Gurguéia, Piauí-Brasil, com uso de Sistema de



II Seminário Estadual de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

Tema: Inovação Tecnológica e de Gestão
para enfrentar os desafios do milênio

OUTUBRO 2019
VITÓRIA-ES

- Informação Geográfica. **Caderno de Geografia**, [S. l.], 2017. Disponível em: <http://200.229.32.55/index.php/geografia/article/view/16193>. Acesso em: 30 maio 2019.
11. OLIVEIRA, A M. Valoração **Econômica dos danos ambientais causados pela erosão do solo agrícola: um estudo de caso do Município de Santo Antônio do Jardim - SP**. 2004. 113 p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Desenvolvimento Econômico, Espaço e Meio Ambiente)- Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, [S.l.], 2006. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/286303/1/Oliveira_AlessandroMarquesde_M.pdf>. Acesso em: 11 maio 2018.
 12. VILLELAI, S.M. e MATTOS, A. (1975). **Hidrologia Aplicada**. 1ª edição, Editora McGraw Hill do Brasil, São Paulo.
 13. WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. **Predictingrainfallerosionlosses: a guideplanning**. Washington, DC: USDA/ARS, 1978.
 14. WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. **PredictingrainfallerosionlossesfromcroplandEastofrocky mountains**. Washington, DC: Handbook, 1965.

Realização





**III-005 – ESTUDO DA GERAÇÃO DE COPOS DESCARTÁVEIS EM UMA
INSTITUIÇÃO DE ENSINO E O SEU POTENCIAL DE
REAPROVEITAMENTO JUNTO A BORRA DE CAFÉ**

Jeangela dos Santos Nascimento⁽¹⁾

Técnica em Plásticos pelo SENAI CIMATEC, Tecnóloga em Polímeros pela Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC. Pós-graduada em Docência do Ensino Superior pela Faculdade ANHANGUERA. Mestranda em Tecnologias Sustentáveis pelo Instituto Federal do Espírito Santo (IFES).

Siomara Brito Lopes⁽¹⁾

Bióloga pelas Faculdades Integradas São Pedro (FAESA). Mestranda em Tecnologias Sustentáveis pelo Instituto Federal do Espírito Santo (IFES).

Adriana Marcia Nicolau Korres⁽¹⁾

Bióloga pela UFES, Doutora em Biotecnologia pela Rede Nordeste de Biotecnologia, Professora do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental e do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Sustentáveis, IFES, Campus Vitória.

Jacqueline Rogéria Bringhenti⁽¹⁾

Engenheira Civil pela UFES, Doutora em Saúde Pública pela USP, Professora do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental e do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Sustentáveis, Ifes, Campus Vitória.

Kinglston Soares⁽¹⁾

Químico pela Ufes, Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais pela UFSCar, Professor do Curso de Engenharia Metalúrgica e do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Sustentáveis, Ifes, Campus Vitória.

Endereço⁽¹⁾: Av. Vitória, 1729 - Jucutuquara, Vitória – ES – CEP 29040-780 – Brasil - Tel: (27) 3331-2100 - e-mail: akorres@gmail.com

RESUMO

A reciclagem é uma prática sustentável que visa integrar ao ciclo de produção e consumo resíduos pós-consumo como é o caso dos plásticos, utilizados então como matéria para a produção de outros itens reduzindo impactos ao ambiente e custos de gerenciamento. Encontrar novas alternativas para reaproveitar esses resíduos também contribui para a redução dos gases de efeito estufa (GEE) no ambiente, relacionado ao descarte ambientalmente inadequado de recicláveis. Neste contexto, as instituições de ensino e pesquisa, podem atuar como laboratórios de práticas sustentáveis e influenciar positivamente para mudanças de hábitos e atitudes do cotidiano. O objetivo do presente artigo é quantificar o descarte de copos descartáveis gerados na cantina de uma instituição de ensino de Vitória - ES, sensibilizar os alunos e colaboradores quanto a redução da sua utilização, bem como, sugerir alternativas que evitem o uso exagerado e incentivar seu reuso, através da reciclagem de copos de poliestireno (PS) incorporando 20% da borra de café. Na coleta de dados foram demonstrados que no período de um ano, aproximadamente 60.000 copos plásticos são utilizados na cantina da escola. Diante desse quadro, novas propostas foram sugeridas para destinar esse resíduo de forma mais sustentável juntamente com a borra de café, como na produção de porta-lápis, lixeiras e coletores de borra de café. Após a elaboração e execução desse trabalho, uma mostra foi feita com a apresentação aos visitantes dos protótipos de cada material reciclado, integrada ao dia do meio ambiente, a fim de contribuir para conscientização e sensibilização sobre os problemas ambientais decorrentes do uso de copos plásticos.

PALAVRAS-CHAVE: Reciclagem, Copos Descartáveis, Borra de Café.



INTRODUÇÃO

O consumo demasiado de copos plásticos é um problema ambiental que ocorre de forma intensa em vários ambientes, inclusive nos ambientes escolares. Os copos são feitos a partir de poliestireno, derivado do petróleo, cuja a produção ocasiona problemas ambientais. Segundo pesquisa realizada em 2016, pela Associação Brasileira de Limpeza Pública (ABRELPE), são consumidos no Brasil, cerca de 720 milhões de copos descartáveis por dia, chegando a corresponder a 1500 toneladas de resíduo gerado, além do tempo estimado para a decomposição dos mesmos que vai de 250 a 400 anos (ABRELPE, 2016). Além desses resíduos sólidos, existem também outros, classificados como orgânicos naturais que são gerados sem destinação adequada, como por exemplo, a borra de café.

O café é considerado um alimento estimulante, que é consumido em forma líquida e tradicionalmente quente. Segundo Arruda (2006), o resíduo orgânico gerado no processo não apresenta valor comercial, mas pode ser valorizado de forma a evitar seu descarte em aterros sanitários. A busca por estudos tecnológicos para a utilização da borra de café traria uma solução sustentável e ecológica, evitando que a destinação final do insumo seja em aterros sanitários. Segundo Oliveira (2011), cada kg de café torrado produz cerca de 2 kg de borra de café.

A partir de tal constatação, faz-se necessário a investigação de alternativas para o reaproveitamento tanto dos copos descartáveis quanto da borra de café.

A divulgação de ações sustentáveis feitas em instituições de ensino permitem reforçar ainda mais a consciência ambiental dos visitantes a respeito da geração de copos plásticos na escola e sua problemática ambiental, além de trazer novas perspectivas sobre a reutilização desse resíduo incorporado a outros materiais que facilitam ainda mais a reciclagem e oferecem novos usos.

Para máxima compreensão da importância deste trabalho, é necessário que se conscientize sobre os problemas ambientais relacionados ao descarte de copos plásticos, pois, além de contaminar o solo e oceanos, podem liberar durante sua utilização, o estireno, como monômero residual, podendo causar câncer.

O objetivo do presente artigo é avaliar economicamente o descarte de copos descartáveis gerados na cantina de uma instituição de ensino de Vitória - ES, sensibilizar os alunos e colaboradores quanto a redução da sua utilização, bem como, sugerir alternativas que evitem o uso exagerado, através da reciclagem desses copos de poliestireno (PS) incorporando 20% da borra de café.

MATERIAIS E MÉTODOS

De início, foram realizadas visitas às instituições para diagnóstico sobre o local mais apropriado para levantar os dados, no qual se deu a seleção da cantina para o estudo de descarte dos copos (Fig.1-a). O levantamento de dados demonstrou os pontos de geração do resíduo sólido derivados do poliestireno e, em seguida, um estudo de quantificação e geração foram delimitados para investigar os impactos em dois eixos da sustentabilidade: ambiental e econômico (Fig.1-b). A partir dos dados reunidos, pode-se verificar a potencialidade de reaproveitamento do PS e da borra de café, após a coleta, limpeza, secagem e cominuição, os resíduos foram processados por meio da técnica de extrusão (Fig.1-c). Posteriormente, o trabalho foi divulgado durante evento, realizado numa instituição de Vitória, relativo à semana do meio ambiente para conscientização e sensibilização da comunidade acerca das possibilidades de utilização dos materiais apresentados (Fig.1-d).

Para coleta de dados do quantitativo de copos usados pela cantina, foi realizada uma entrevista com o responsável pela logística do estabelecimento. Assim, com as informações obtidas, foram realizados cálculos e extrapolações com a perspectiva de utilização de descartáveis durante o período de um ano.

Por fim, durante o evento comemorativo da semana do meio ambiente na instituição, os dados foram apresentados ao público oralmente e em forma de pôster.

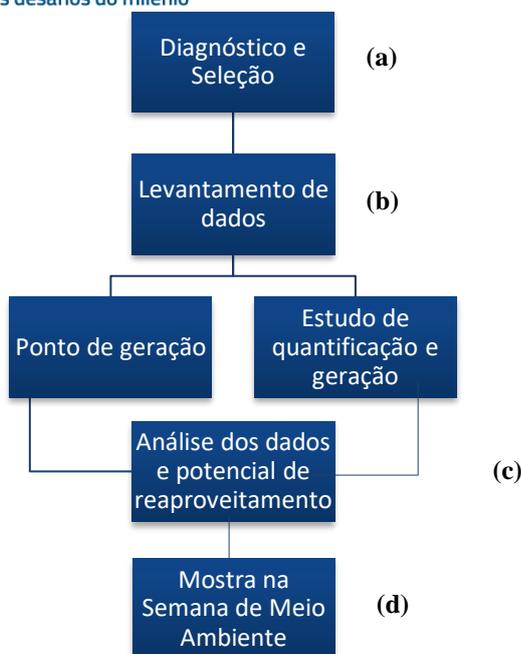


Figura 1 - Esquema representativo de cada etapa da metodologia.

RESULTADOS

O levantamento de dados para quantidade de copos utilizados com os volumes de 200, 300 e 500 mL, totalizou 5.000 copos utilizados pela cantina durante um mês, que geram ao final de um ano 60000 unidades. Esses números são significativos e demonstram um valor expressivo de resíduos que não são reaproveitados, uma vez que provavelmente são conduzidos, na melhor das hipóteses, a aterros sanitários.

No âmbito econômico, os gastos anuais gerados pela cantina na compra de copos é de aproximadamente R\$8.800,00.

Integrando a tríplice da sustentabilidade, a contribuição do presente trabalho para o aspecto social foi designada numa exposição oral na mostra comemorativa sobre o dia do meio ambiente aos visitantes, realizada no pátio da instituição de ensino onde o trabalho foi desenvolvido.

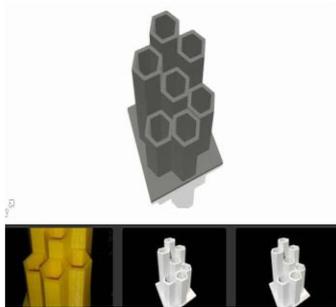
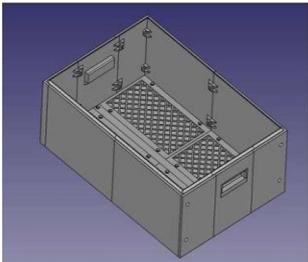
Segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), em 2017, a massa coletada seletivamente de resíduos recicláveis foi equivalente a 1,5 milhão de toneladas.

A educação ambiental é de suma importância para difundir os conhecimentos sobre as políticas de preservação do meio ambiente e, desse modo, promover a sustentabilidade. A Lei nº 12.305/10 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010) contém instrumentos importantes para propiciar o aumento da reciclagem e reutilização de resíduos sólidos e a destinação adequada desses resíduos, ajudando também o País a atingir a Primeira Meta do Objetivo do Desenvolvimento Sustentável 15, que visa garantir a conservação, uso sustentável e recuperação dos ecossistemas terrestres.

Em vista desses resultados, a Tabela 1 representa as possíveis alternativas sustentáveis de produtos que podem ser reciclados (pós consumo) e transformados em novas peças a partir da junção dos copos descartáveis que foram coletados na instituição e a borra de café.



Tabela 1: Possíveis alternativas sustentáveis que podem ser produzidas a partir da reciclagem de resíduos sólidos e orgânicos.

Alternativas Sustentáveis (Pós Consumo)	Benefícios de aplicação	Limitações de implantação
<p>Lixeiras</p>  <p>Fonte: Programa Cura – Ultimaker.</p>	<ul style="list-style-type: none">- Redução de resíduos sólidos e orgânicos em aterros e lixões;- Redução da matéria-prima usada na produção das lixeiras;- Preços competitivos no mercado;- Disseminar a política de uso de produtos ecologicamente corretos.	<ul style="list-style-type: none">- Custo elevado do molde;- Coleta seletiva dos copos descartáveis de poliestireno (PS);- Integração a uma política de gestão ambiental institucional.
<p>Porta-Lápis</p>  <p>Fonte: Programa Cura – Ultimaker.</p>	<ul style="list-style-type: none">- Redução de resíduos sólidos e orgânicos em aterros e lixões;- Redução da matéria-prima usada na produção das lixeiras;- Disseminar a política de uso de produtos ecologicamente corretos.- Movimentar o mercado sócio-econômico fabricando peças de materiais reciclados de cunho sustentável;	<ul style="list-style-type: none">- Custo de produção elevado;- Política econômica, social e ambiental nas instituições;- Mão de obra capacitada.
<p>Coletor de Borra de Café</p>  <p>Fonte: Programa Cura – Ultimaker.</p>	<ul style="list-style-type: none">- Conscientização quanto a necessidade de separar os resíduos; orgânicos em local adequado;- Promover a ideia de realizar a coleta seletiva em diferentes ambientes;	<ul style="list-style-type: none">- Separação da borra de café;- Custo elevado do molde;- Equipamentos sofisticados para tal aplicação.

CONCLUSÕES

Nessa perspectiva, a quantidade de copos descartáveis comprados por mês na instituição é de 5.000 copos, ou seja, 5 caixas mensais, com isso, são 60.000 copos comprados por ano. Portanto, uma caixa de copos varia de R\$ 64,90 a R\$ 115,00 o que poderia gerar uma economia de R\$ 8.800,00 por ano à cantina. Desse modo, se faz importante a integração do uso de resíduos como borra de café e copos plásticos para facilitar a reciclagem, a fim de reduzir os problemas ambientais, como a poluição de oceanos, emissão de gases de efeito estufa lançados



II Seminário Estadual de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

Tema: Inovação Tecnológica e de Gestão
para enfrentar os desafios do milênio

OUTUBRO 2019
VITÓRIA-ES

pela queima em locais inadequados e também pelo transporte até os aterros; aumentando o tempo de vida útil dos aterros sanitários e ampliando sua capacidade pelo novo destino desses resíduos.

A divulgação de alternativas ecologicamente corretas de tais resíduos junto ao público amplia a ótica de importância frente a redução dessa problemática que afeta não só o meio ambiente, mas que também trazem prejuízos à saúde humana.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRELPE. Associação Brasileira De Empresas De Limpeza Pública E Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. 2016.
2. ARRUDA, R. D. P. Estudo das Potencialidades das borras de café para valorização agrícola. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Alimentar - Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, 2006.
3. BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Presidência da República, Brasília, 2010.
4. OLIVEIRA, C. R. Avaliação da qualidade de compostos de borras de café na produção de plantas aromáticas. 2011. 54 f. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente – Instituto Superior de Agronomia e Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2011.
5. SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2017. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2017>>. Acesso em: 20 mar. 2019.



EXPLORAÇÃO DO POTENCIAL ENERGÉTICO DO BIOGÁS PRODUZIDO EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DO SUDESTE

Luis Carlos Soares da Silva Junior⁽¹⁾

Engenheiro Civil-Sanitarista pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ. Especialista em Engenharia Sanitária e Ambiental pela UERJ. Mestrando do Programa de Engenharia Civil da COPPE/UFRJ.

Aline Bhering Trindade⁽²⁾

Engenheira de Energia pela Universidade Federal de Itajubá. Mestranda do Programa de Engenharia Civil da UNIFEL.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Athos da Silveira Ramos, 149, Centro de Tecnologia – Bloco I, Sala I206 - Ilha do Fundão, Caixa Postal 68506, Rio de Janeiro, RJ, CEP: 21941-909 - Brasil - e-mail: luis.junior@coc.ufrj.br

RESUMO

Os reatores anaeróbios são frequentemente encontrados nos processos biológicos de Estações de Tratamento de Esgotos – ETE. A digestão anaeróbia da matéria orgânica abundante nos esgotos produz um biogás rico em metano e, por consequência, possui alto poder calorífico mas é apenas enviado para um queimador de forma a reduzir os efeitos de gases estufa. No entanto, este gás poderia ser convertido em energia térmica e utilizado para gerar energia elétrica. O presente trabalho analisa a capacidade instalada de recuperação energética do biogás em energia elétrica nas estações de tratamento de esgoto brasileiras que possuem reatores anaeróbios em suas plantas. Como resultado, foram encontradas 29 estações com viabilidade para geração de energia elétrica que somadas, possuem capacidade de geração de 158,37 MWh/dia e 6,70 MW de potência. Essa quantidade de energia equivale a uma população de 25.487 habitantes, população de uma cidade pequena. Além de ser o correspondente a mais de 3 PCH de 2MW, 19.345 painéis fotovoltaicos e 13 turbinas eólicas de 500 kW. Esses sistemas de valorização de rejeitos deveriam ser consideradas no planejamento das estações, uma vez que possuem potencial de geração de energia comparável com fontes convencionais de energias renováveis. Sobretudo, essa prática não implica no aumento de impactos no meio ambiente, uma vez que já é parte do processo de estações convencionais, além de ser responsável por uma redução de custos operacionais para as concessionárias de saneamento.

PALAVRAS-CHAVE: Geração de energia elétrica, modelagem matemática, digestão anaeróbia, tratamento de esgotos, reatores UASB, redução do efeito estufa, waste to energy.

INTRODUÇÃO

Os avanços das concessionárias brasileiras no setor de saneamento, especificamente nos serviços de esgotamento sanitário ao longo dos últimos anos, apresentam resultados promissores para a melhoria da qualidade de vida da população. Os indicadores do Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento – SNIS (2019) apontam, entre 2007 e 2017, crescimentos de: 69,7% da extensão da rede de esgoto; 61,3% da quantidade de economias ativas de esgoto; 10,4% no índice de atendimento da população com coleta de esgotos; e 13,5% no índice de tratamento dos esgotos gerados.

Apesar dos avanços, segundo o SNIS (2019), apenas 52,4% da população possui seus esgotos coletados, sendo que apenas 46,0% do volume gerado é tratado. A Agência Nacional de Águas – ANA (2017), Apresenta dados que apenas 55% da população possui atendimento adequado de esgotamento sanitário, incluindo a parcela da população que dispõe de soluções individuais no índice.

Os dados apresentados mostram que quase metade da população brasileira vive sem acesso a serviço à serviço de esgotamento e se encontra em risco de saúde pública. Tais índices evidenciam a necessidade de universalizar o serviço de saneamento pelo país, principalmente nas regiões com menor poder aquisitivo, onde os índices são mais expressivos.



Os custos de implementação de sistemas de esgotamento sanitário são elevados para a maioria dos países em desenvolvimento. Entretanto, impactam maciçamente a saúde pública, principalmente a saúde infantil. Devido aos altos custos, as soluções para saneamento devem ser planejadas com baixos custos, nível de operação simplificado além de serem eficientes na coleta e tratamento dos esgotos atendendo aos requisitos legais de eficiência (HELLER; CASTRO, 2013; SILVA JUNIOR; BHERING, 2018).

No entanto, é importante ressaltar que para seleção das tecnologias utilizadas em uma ETE, devem-se considerar, além das exigências normativas, as particularidades da região onde a estação será construída. Von Sperling (2014) explica que não há uma formulação genérica para seleção do processo de tratamento de esgotos e, embora o aspecto econômico seja fundamental, é essencial levar em consideração a importância dos aspectos técnicos.

Nesse sentido, Chernicharo (2016) afirma que o tratamento de esgotos sanitários em reatores anaeróbicos de fluxo ascendente, popularmente conhecidos como *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* – UASB, cumprem adequadamente essas premissas, principalmente no Brasil, um país de clima tropical, onde as temperaturas são favoráveis para o processo de digestão anaeróbia.

Um dado que corrobora essa afirmação é a grande participação dessa tecnologia nas ETE brasileiras. De acordo com a ANA (2017), dentre as 2.972 estações de tratamento de esgoto em operação no Brasil em 2013 mapeadas pelo Atlas Esgotos – Despoluição de bacias hidrográficas, 1.068 (26,8%) são estações onde reatores anaeróbicos fazem parte do processo de tratamento. A combinação das vazões médias de tratamento dessas estações, totaliza 37.567,3 l/s, o equivalente a atender 21.731.982 habitantes no país.

Os reatores anaeróbicos, presentes em mais de um quarto das ETEs brasileiras, digerem a matéria orgânica presente no esgoto e têm como subprodutos: efluente (líquido), lodo (sólido) e biogás (gás). Chernicharo (2016) explica que parte da matéria orgânica presente no esgoto é convertida no gás metano (CH₄) produzido no processo de digestão anaeróbia. Essa parcela gasosa é rapidamente separada da fase líquida, devido sua baixa solubilidade em água, o que explica a importância de um sistema de coleta de gás dentro do reator.

De acordo com Jordão e Pessoa (2017), a produção de gases durante o tratamento do efluente em reatores anaeróbicos como o UASB pode se situar na faixa de 5 a 20 l/hab.dia. A composição do biogás gerado em reatores anaeróbicos é majoritariamente constituído de metano (CH₄), que pode ser encontrado na faixa de 50% a 70%, e o restante é composto por outros gases, como dióxido de carbono (CO₂), amônia (NH₃), gás sulfídrico (H₂S), dentre outros compostos.

Após a coleta, na câmara coletora dos reatores UASB, esses gases devem ser tratados para não serem lançados diretamente na atmosfera. Uma premissa de projeto é enviá-los para um queimador, ou *flare*, cuja principal função é converter o CH₄ presente no biogás em dióxido de carbono. Ambos são considerados gases de efeito estufa, entretanto, cada molécula de metano possui, num horizonte de 100 anos, um potencial de aquecimento global 28 vezes maior que uma molécula de CO₂, produto da sua queima. (IPCC, 2013).

Uma alternativa ao procedimento padrão de queima seguida por lançamento de dióxido de carbono na atmosfera é o aproveitamento energético desse biogás. Esse efluente gasoso gerado nos reatores possui alto potencial calorífico, 21,5 MJ.Nm⁻³ para um biogás com 60% de metano, a concentração média de metano no biogás gerado em ETE (ROSAS *et al.*, 2016). Dados os possíveis processos de produção de energia a partir desses gases, os mais utilizados são os processos termoquímicos ou de combustão, por possuírem maiores eficiências (GOMES *et al.*, 2017).

Rosas *et al.* (2016) afirmam ainda que, em situações onde o biogás é energeticamente recuperado, parte da energia elétrica produzida é consumida no próprio processo de tratamento, enquanto o excedente, caso exista, pode ser comercializado ou reaproveitado para reduzir o custo extra com eletricidade.

Silva Junior e Trindade (2018) indicaram um potencial instalado de geração de energia elétrica a partir do biogás relativamente alto. O estudo ainda apresentou 66 ETE com viabilidade financeira para tal



aproveitamento, destacando que 29 dessas estações estão localizadas no Sudeste, apontando um grande potencial na região.

Levando em consideração os aspectos levantados, o presente trabalho objetivou avaliar e detalhar a capacidade de produção de energia elétrica e potencial de geração a partir do biogás produzido nos reatores anaeróbicos de estações de tratamento de esgoto em atividade que utilizam essa tecnologia no processo de tratamento na região Sudeste do Brasil.

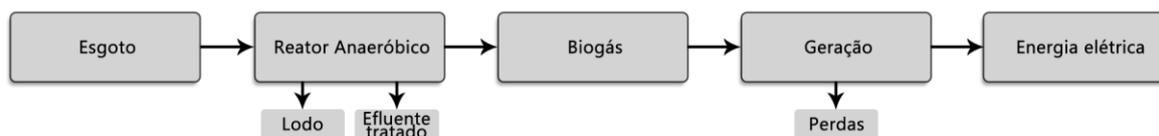
MATERIAIS E MÉTODOS

De modo a determinar o potencial de geração de energia elétrica, primeiramente foi realizado levantamento das estações de tratamento de esgoto que possuem reatores anaeróbicos como etapa de tratamento. Tais dados operacionais das ETEs foram obtidos através de ANA (2017).

Porém, Bressani-Ribeiro *et al.* (2017) sugerem que a escala mínima de viabilidade econômica para uso de biogás para geração de eletricidade em estações de tratamento de esgoto é de aproximadamente 100.000 habitantes de população. Portanto, foram selecionadas, as estações cuja população atendida seja maior ou igual à 100.000 habitantes. Em seguida, foi realizado um georeferenciamento das estações escolhidas e apresentado as suas coordenadas.

Uma vez definidas as unidades de tratamento, foi utilizado o modelo apresentado por Bressani-Ribeiro *et al.* (2017) que calcula a produção volumétrica diária de metano da estação, a converte para energia disponível e posteriormente estima o potencial de energia elétrica. A modelagem conceitual é representada na Figura 1 e a modelagem matemática utilizada é descrita nas Equação 1, Equação 2 e Equação 3.

Figura 1 - Modelo conceitual da geração de energia elétrica



Equação 1 - Cálculo de produção de metano

$$\text{Produção}(CH_4) \left[\frac{m^3}{\text{dia}} \right] = \text{Carga}DBO_{\text{afluente}} \cdot \text{Relação} \frac{DQO}{DBO} \cdot \text{Ef.UASB} \cdot CH_{4\text{produzido}}$$

Onde, $CargaDBO_{\text{afluente}}$ é a carga orgânica de DBO medida em KgDBO/dia; $Relação \frac{DQO}{DBO}$ é o fator de conversão de DQO para DBO (adimensional); $Ef.UASB$ é a eficiência típica do reator UASB, expressa em %; $CH_{4\text{produzido}}$ é a disponibilidade unitária de metano medida em L CH₄/kg DQO.

Equação 2 - Energia potencial do gás

$$\text{Energia disponível} \left[\frac{kWh}{\text{dia}} \right] = \text{Produção}(CH_4) \cdot PC(CH_4)$$

Onde, $PC(CH_4)$ é o poder calorífico do metano expresso em kWh/m³.

Equação 3 - Conversão de energia potencial em energia elétrica

$$\text{Energia elétrica disponível} \left[\frac{MWh}{\text{dia}} \right] = \text{Energia disponível} \cdot E_{ef}$$

Onde, E_{ef} é a eficiência do dispositivo de geração de energia elétrica

Através de ANA (2017), foi possível obter dados oficiais relativos a $CargaDBO_{\text{afluente}}$. Na Tabela 1 foram listados os parâmetros de entrada adotados no modelo matemático apresentado nas Equação 1, Equação 2 e Equação 3.



Tabela 1 – Parâmetros adotados

Parâmetro de entrada do modelo	Unidade	Valor adotado	Referência
Relação DQO/DBO	adimensional	2	JORDÃO e PESSÔA (2017)
Eficiência média UASB	%	65	CHERNICHARO (2007)
Poder calorífico CH ₄	kWh/m ³ CH ₄	9,97	MORAN <i>et al.</i> (2010)
Eficiência Elétrica	%	30	U.S. EPA (2003)
CH ₄ produzido	L CH ₄ / kg DBO	158	LOBATO <i>et al.</i> (2012)

O modelo foi aplicado para calcular a capacidade de produção de energia elétrica através do aproveitamento energético do biogás gerado nos reatores anaeróbicos das estações de tratamento de esgoto. Essa capacidade de produção de energia elétrica e foi calculada para cada estação de tratamento de esgoto. A partir desses valores, foi possível estimar a população equivalente que poderia ser abastecida em caso do aproveitamento energético do biogás, a partir do consumo *per capita* médio de energia elétrica. O consumo mensal de eletricidade médio considerado dos brasileiros em 2018 foi de 186,42 kWh/mês (IBGE, 2019; EPE, 2019).

Foram ainda apresentadas equivalências com outras tecnologias renováveis convencionais de geração de energia elétrica como: Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCH, painéis fotovoltaicos e turbinas eólicas a título de comparação.

RESULTADOS

Após aplicação dos filtros de seleção, observou-se um total 29 estações com reatores anaeróbicos no processo de tratamento atendendo ao menos 100.000 habitantes distribuídas pela região Sudeste, sendo identificadas as seguintes 29 ETEs:

- No Sudeste: **Minas Gerais:** Uberabinha, Onça, Betim Central, Francisco Velludo, Sapucaí Mirm, Antônio Ubirajara, Sapucaí, Justinópolis, Alfenas e Boa Esperança; **São Paulo:** Rio Preto, Anhumas - Campinas, Monjolinho, Piçarrão, Santa Isabel, Carióba, Itália, São Lourenço - Matão, Capuava - Valinhos, Sede (Lageado), Araras, Bonsucesso - Guarulhos, Conduta, Pirassununga, e Central; **Rio de Janeiro:** Quitandinha – Petrópolis, e Engenheiro Gil Portugal.

Portanto foram analisadas 10 estações em Minas Gerais, 17 em São Paulo, 2 no Rio de Janeiro conforme a Tabela 2.



Tabela 2 - Detalhamento das ETE com potencial de produção

Nome da ETE	Eletricidade (kWh/dia)	Habitantes atendidos	Coordenadas
ETE UBERABINHA	20067,4	3229,4	-18.881508, -48.328500
ETE ONÇA	31240	5027,39	-19.820916, -43.895469
ETE RIO PRETO	12467,8	2006,42	-20.736241, -49.377393
ETE ANHUMAS - CAMPINAS	12567,2	2022,41	-22.846019, -47.030109
ETE MONJOLINHO	6432,14	1035,11	-22.549426, -46.570377
ETE PIÇARRÃO	4367,12	702,791	-22.899550, -47.149764
ETE BETIM CENTRAL	4569,48	735,358	-19.970175, -44.225437
ETE SANTA ISABEL	2401,25	386,429	-23.309676, -46.230185
ETE CARIÓBA	5267,02	847,611	-22.734033, -47,328876
ETE QUITANDINHA - PETRÓPOLIS	3050,44	490,901	-22.465031, -43.159022
ETE FRANCISCO VELLUDO	5532,3	890,301	-19,728431, -48,002004
ETE ITÁLIA	4385,18	705,698	-23,199933, -46,851374
ETE SÃO LOURENÇO - MATÃO	2499,3	402,208	-21,596371, -48,373639
ETE CAPUAVA - VALINHOS	3034,28	488,301	-22.945268, -46.978839
ETE SEDE (LAGEADO)	3482,76	560,473	-22,832125, -48,430126
ETE ARARAS - SP	2692,89	433,361	-22,341938, -47,334046
ETE BONSUCESSO - GUARULHOS	3324,19	534,956	-23.466690, -46.491776
ETE SAPUCAI MIRM	3610,42	581,018	-22,265873, -45,924407
ETE CONDUTA	2122,28	341,534	-22.428833, -47.549576
ETE PIRASSUNUNGA	2209,08	355,504	-21.954672, -47.410567
ETE ENGENHEIRO GIL PORTUGAL	2250,37	362,147	-22,507917, -44,081909
ETE LESTE	2641,47	425,086	-23,510131, -46,196576
ETE SÃO JOÃO - GUARULHOS	2493,16	401,219	-23.417612, -46.449892
ETE ANTÔNIO UBIRAJARA	2261,37	363,917	-20,732007, -46,572922
ETE SAPUCAI	2642,2	425,204	-22.422599, -45.502443
ETE JUSTINÓPOLIS	1747,65	281,245	-19,775362, -44,079578
ETE CENTAL	3412,66	549,193	-23,283203, -45,974427
ETE ALFENAS	4507,74	725,422	-21,444722, -45,953553
ETE BOA ESPERANÇA - MG	1098,46	176,773	-21.070490, -45.552883
Total	158.377,6	25.487,39	

Finalmente, somou-se a produção de energia dos reatores das estações de tratamento analisadas. Como resultado encontrou-se que, caso possuísem dispositivos de geração, as estações teriam, juntas, capacidade de produzir 158,37 MWh/dia de energia elétrica, representando um potencial de 6,70 MW de geração elétrica.

O potencial instalado de energia produzida por todas ETEs seria suficiente para fornecer eletricidade a 25.487 habitantes, o equivalente a cidade porte pequeno, segundo classificação do IBGE.



É interessante observar também que, com um potencial de geração de 6,70 MW, todas as ETEs juntas equivalem a:

- 3 PCH's com 2MW de potência instalada (ANEEL, 2005);
- 19.345 painéis fotovoltaicos de 330Wp que podem gerar até 346,5W (PORTAL SOLAR, 2019);
- 13 turbinas eólicas de 500kW (equivalente a dois terços da usina eólicas de Prainha – CE) (ANEEL, 2005)

CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos, foi possível identificar que o potencial instalado de geração de energia elétrica a partir do biogás produzido nos reatores anaeróbicos das ETEs brasileiras é considerável. Se mostra relevante do ponto de vista energético quando comparado ao potencial de fontes renováveis consagradas como hidrelétricas, fotovoltaicas e eólicas.

É importante ressaltar que a produção da energia desse biogás não implica no aumento de emissão de gases de efeito estufa na atmosfera, apenas aproveita o potencial energético do mesmo. Ou seja, aumenta a energia disponível no sistema sem impactos (virtuais) ao meio ambiente, ao contrário das outras fontes.

É importante ressaltar que a energia gerada é capaz de atender às necessidades da estação ou ainda de fornecer para a rede. Portanto, a geração pode reduzir os custos de operação das mesmas, possibilitando uma redução na tarifa para a população atendida ou ainda reverter esse ganho com o aumento de infraestruturas de saneamento.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) e do Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. Atlas de energia elétrica do Brasil. Brasília: ANEEL, 243 p. 2005
2. Agência Nacional de Águas – ANA. Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. -- Brasília: ANA, 88 p. 2017.
3. BRESSANI-RIBEIRO, T.; BRANDT, E. M. F.; GUTIERREZ, K. G.; DÍAZ, C. A.; GARCIA, G. B.; CHERNICHARO, C. A. L. Potential of resource recovery in UASB/trickling filter systems treating domestic sewage in developing countries. Water Science & Technology, 2017
4. CHERNICHARO, C.A.L. Reatores anaeróbicos. Editora UFMG, 2ª edição, Belo Horizonte. 2016
5. Empresa de Pesquisa Energética – EPE. Consumo mensal de energia elétrica por classe (regiões e subsistemas) – 2004 a 2019. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Consumo-mensal-de-energia-eletrica-por-classe-regioes-e-subsistemas>>. Acesso em: 30 jun. 2019.
6. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>>. Acesso em: 30 jun. 2019.
7. Intergovernmental Panel on Climate Control – IPCC. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp. 2013.
8. GOMES G. V.; SUDA, S. J.; ROSA, A. P e RODRIGUES, F. A. Estudo da produção de energia elétrica a partir de biogás com e sem purificação de estação de tratamento de esgoto. The Journal of Engineering and Exact Sciences – JCEC. vol. 3, n. 7. 2017.
9. HELLER, L. CASTRO, J. E. Política pública e gestão de serviços de saneamento. Edição ampliada. Belo Horizonte: Editora UFMG; Rio de Janeiro: Editora Fiocruz. 2013



10. JORDÃO, E.P. & PESSOA, C.A. Tratamento de esgotos domésticos. ABES, 4ª Edição, Rio de Janeiro. 2017.
11. LOBATO, L. C.; CHERNICHARO, C. A. L.; SOUZA, C. L. Estimates of methane loss and energy recovery potential in anaerobic reactors treating domestic wastewater. *Water Science and Technology*. 66 (12), p. 2745–2753. 2012.
12. MORAN, M. J., SHAPIRO, H. N., BOETTNER, D. D. & BAILEY, M. B. *Fundamentals of Engineering Thermodynamics*, 7th ed. John Wiley & Sons. 2010
13. PORTAL SOLAR. Escolhendo o Pannel Fotovoltaico – 10 Coisas Para Saber. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/escolhendo-o-pannel-fotovoltaico--10-coisas-para-saber.html>> Acesso em: 30 jun. 2019.
14. ROSA, A.P.; CHERNICHARO, C.A.L.; LOBATO, L.C.S.; SILVA, R.V.; PADILHA, R.F.; BORGES, J.M. Assessing the potential of renewable energy sources (biogas and sludge) in a full-scale UASB-based treatment plant. *Renewable Energy*, v. 1, p. 1. 2017
15. ROSA, A.P., LOBATO, L.C. DA S., BORGES, J.M., MELO, G.C.B., CHERNICHARO, C.A. L. Potencial energético e alternativas para o aproveitamento do biogás e lodo de reatores UASB: estudo de caso Estação de tratamento de efluentes Laboreaux (Itabira). *Engenharia Sanitária e Ambiental* 21, p. 315-328. 2016.
16. SILVA JUNIOR, L. C. S., BHERING, A. T. Análise da produção de energia elétrica a partir do biogás gerado em reatores anaeróbios de estações de tratamento de esgoto brasileiras. In: I Seminário Nacional de ETEs Sustentáveis. Curitiba, 2018.
17. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2017. Brasília: SNSA/MCIDADES, 220 p. 2019.
18. U.S.EPA. *A Brief Characterization of Reciprocating Engines in Combined Heat and Power Applications*. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC. 2003.
19. VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos: Princípios do tratamento Biológico de Águas Residuárias*. 4ª Edição. Belo Horizonte. Editora UFMG, 2014.



HIDRÓLISE ENZIMÁTICA A PARTIR DE FUNGOS DOS LODO ALGÁCEO PRODUZIDO EM UM FOTOBIORREATOR QUE TRATA ESGOTO SANITÁRIO

Brenda Sossai Reganini Santos⁽¹⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Pós-Graduada em Engenharia de Segurança do Trabalho (UFES). Analista Ambiental em empresa de consultoria privada.

Ricardo Franci Gonçalves

Professor D. Ing. no Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Núcleo Água.

Endereço⁽¹⁾: Rua Artacerse Broto, 75 PRU III, Lion II apto. 106 – Mata da Praia - Vitória - ES - CEP: 29065-700 - Brasil - Tel: +55 (27) 99606-7162 - e-mail: **b.reganini@gmail.com**

RESUMO

Uma nova tecnologia para tratamento de esgoto sanitário, voltada para a produção superavitária de energia, encontra-se em desenvolvimento pelo Núcleo Água da UFES em uma estação de tratamento de esgoto localizada em Vila Velha/ES. O principal foco é maximizar a produção de biogás no sistema de tratamento ampliando a eficiência energética, através da codigestão anaeróbia da matéria orgânica presente no esgoto e na biomassa do lodo algáceo produzido em um sistema de fotobiorreator. A digestão anaeróbia é fortemente limitada pela hidrólise bacteriana da matéria orgânica complexa, como por exemplo, a biomassa algácea, o que limita sobremaneira o desempenho da etapa anaeróbia do sistema. Por isso, implementar alternativas que aumentem a biodegradabilidade anaeróbia deste tipo de substrato carbonáceo é estratégico. Diversos processos de hidrólise têm sido estudados para promover o aumento da produção de energia e geração de diferentes subprodutos. O objetivo desse projeto é desenvolver a biodegradação da parede celular e de biodisponibilização de constituintes intracelulares das algas produzidas no fotobiorreator através de hidrólise biológica enzimática a partir de fungos filamentosos. O lodo algáceo mixotrófico coletado através de coagulação – floculação – decantação, e desaguamento apresentou uma concentração média de sólidos totais de 40 g/L e 86% de matéria orgânica, e em seguida foram realizadas análises de solubilização desta matéria orgânica (DQOfiltrada) e carboidratos (açúcar disponível). Como etapa essencial foram selecionados fungos filamentosos que apresentassem potencial enzimático satisfatório para biodegradação da celulase e protease com uso de extrato enzimático (*Mucor sp.* e *Trichoderma koningii*). A eficiência na redução de sólidos foi maior para fixos e voláteis com uso de 20% de extrato enzimático, a partir de 24 horas de detenção. A solubilização da DQOf e carboidratos foi mais eficiente em 6 horas com 20% de extrato de *Mucor sp.*, e em 12 horas em com uso de 5% de extrato *Trichoderma koningii*. A partir dos resultados obtidos, verifica-se a necessidade pesquisa em substrato puro de microalgas, contribuindo para resultados mais concretos além de estudos para concentrações menores que 5%.

PALAVRAS-CHAVE: Hidrólise enzimática, biomassa algácea, enzimas, fungos filamentosos, biodegradabilidade do lodo.

1. INTRODUÇÃO

A população mundial teve seu crescimento rápido e desordenado, o que resultou em aglomerações sem infraestrutura e serviços públicos de qualidade. Grande parte das cidades do Brasil ainda lança esgoto sanitário diretamente nos corpos d'água, causando grande impacto ao corpo receptor, e desequilíbrio a ecologia local, colocando em risco também a saúde humana (CHO *et al.*, 2013). A intensificação dos despejos de efluentes domésticos e industriais nos corpos d'água com elevadas concentrações de nutrientes provoca aceleração da produtividade de microalgas, alterando a ecologia do sistema aquático. A presença extrema dessas apresenta grande risco à saúde, pois são organismos produtores de toxinas e



II Seminário Nacional de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

Tema: Inovação Tecnológica e de Gestão para enfrentar os desafios do milênio

17,18 e 19 | OUTUBRO 2019
8h às 18h
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES
VITÓRIA-ES

podem causar transferência de patógenos (CHO *et al.*, 2013). Visto isso, diversos autores têm estudado meios de reduzir a presença de microalgas em corpos d'água através de diferentes tipos de processos de tratamento de esgoto. Nesse sentido, um grande esforço deve ser empreendido pelo país no sentido de reverter o déficit do sistema de esgotamento sanitário, com a construção de redes coletoras e de estações de tratamento adequadas. Deve-se dar especial atenção às tecnologias de tratamento, tendo em vista que muitas delas exercem elevado consumo de energia e podem comprometer a segurança energética de uma determinada região.

O Núcleo Água do Departamento de Engenharia Ambiental da UFES, nesse contexto, desde 2007 desenvolve uma nova tecnologia de tratamento de esgoto com o intuito de tornar as estações de tratamento superavitárias em energia. O sistema em desenvolvimento compreende a associação em série de um reator UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) e um fotobiorreator, objetivando aproveitar a biomassa algácea produzida nesse último para produzir mais biogás no UASB.

Na nova tecnologia de tratamento do Núcleo Água, a etapa de hidrólise do lodo algáceo (coletado a partir do efluente do fotobiorreator) é importante para assegurar a eficiência da codigestão no UASB, como alternativa para aumentar a biodegradabilidade anaeróbia da biomassa algácea, tendo em vista a complexidade deste substrato carbonáceo. A via alcalina e a via térmica para a hidrólise foram estudadas e produziram resultados satisfatórios, que já indicam a necessidade de utilização de elevadas quantidades de reagentes (NaOH) na hidrólise alcalina e de energia na hidrólise térmica. Por isso, o objetivo deste estudo é analisar a via biológica da hidrólise na biomassa algácea como pré-tratamento, a fim de somar ao projeto energia produzida na forma de biogás dos processos biológicos. O subprojeto em questão para Construção Sustentável e Saneamento Ambiental contou com apoio financeiro da FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto consta de um sistema integrado com microalgas a ser desenvolvido em escala piloto em uma base experimental localizada na Estação de Tratamento de Esgotos Sanitários (ETE), da Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN), no bairro Araçás, em Vila Velha, Espírito Santo. As amostras desse estudo foram coletadas a partir da lagoa de alta taxa (fotobiorreator Raceway), disposta em ambiente livre aberto. O presente estudo foi realizado ao longo de um ano e, mesmo que o sistema tenha sido projetado para manter as condições ideais durante todo o processo, diversos fatores influentes podem modificar as características de reprodução das microalgas e funcionamento da lagoa de alta taxa nesse tempo.

2.1. AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ENZIMÁTICO DOS FUNGOS FILAMENTOSOS

O meio de extração principal de fungos filamentosos foi a biomassa do lodo algáceo produzida pela lagoa de alta taxa e coletada do separador sólido-líquido da estação piloto citada anteriormente, cultivando e isolando as espécies em laboratório. Além dos fungos isolados para este projeto, também foram utilizados as espécies pertencentes ao banco de fungos do LABSAN (Laboratório de Saneamento da Engenharia Ambiental) e um fungo específico da Fiocruz cedido pelo Campus Ceunes – São Mateus.

No primeiro momento da pesquisa, foi necessário a avaliação qualitativa dos fungos filamentosos pelo potencial enzimático observado, para selecionar os de maiores índices. Para isso, tomando como referência os componentes constituintes da parede celular e do conteúdo intracelular da microalga, avaliou-se as enzimas essenciais para ação específica de biodegradação nos substratos de amido, celulose, lipídio e proteína, que são as seguintes hidrolases: Amilase, Celulase, Lipase e Protease, respectivamente. A seleção foi realizada através da determinação da atividade enzimática pelo fungo filamentoso, conforme metodologias descritas com modificações por Dingle *et al.* (1935) para amilase, celulase e protease, e Sierra (1957) para lipase.

As espécies puras de cada fungo foram cultivadas por 48 horas em placas de Petri, contendo meio BDA (Agar Batata Dextrose) e incubadas nas condições ideais de crescimento. Após esse tempo, as colônias dos fungos jovens foram transferidas em formatos de discos com 0,5mm de diâmetro para o centro de

Realização



Patrocínio



Apoio





novas placas de Petri contendo os meios indutores específicos de cada enzima (amilase, celulase, protease e lipase).

As placas de meios específicos com o fungo inserido pontualmente, foram incubadas a 28°C para análises em períodos de 48, 96 e 144 horas. A composição de cada meio de cultivo específico para a reação das seguintes enzimas foram: Amilase (tampão citrato fosfato 0,1M pH5; ágar; amido + indicador lugol); Celulase (tampão acetado de sódio 0,1M pH5; ágar; carboximetilcelulose + indicador vermelho congo); Protease (tampão citrato fosfato 0,1M pH5; ágar; gelatina; leite desnatado); Lipase (água destilada; ágar; cloreto de sódio; cloreto de cálcio; peptona; Tween 20). O índice enzimático (IE) é obtido pela razão entre o diâmetro do halo reacional formado e o diâmetro da colônia fúngica evoluída seguindo a metodologia de Hankin e Anagnostakis (1975), para todas as atividades enzimáticas testadas em cinco repetições, com tempos de detenção de 48, 96 e 144 horas.

2.2. PRODUÇÃO DE EXTRATO BRUTO ENZIMÁTICO NATURAL

Para cada fungo filamentoso selecionado qualitativamente pela metodologia anterior segundo os maiores IE calculados de amilase, celulase, protease e lipase, foi produzido um extrato bruto enzimático específico do fungo, obtido através do método de Fermentação Submersa (FS). Utilizou-se como substrato para a Fermentação Submersa a biomassa algácea do lodo, coletada da lagoa de alta taxa de Araçás – Vila Velha/ES, após o processo de separação com TANFLOC (não prejudicial ao fungo) e o efluente do reator UASB como complementação. Os substratos foram autoclavados previamente, e em frascos de Erlenmeyers, contendo esses substratos foi inoculado uma suspensão de esporos fúngicos na concentração de aproximadamente 10^7 esporos.mL⁻¹ contado em Câmara de Neubauer - método de Freire (1996), descrito por Amorim (2011). Após incubação sob agitação em Shaker, o conteúdo do frasco foi centrifugado e filtrado em papel de filtro Whatman. O conteúdo filtrado é o extrato bruto enzimático.

2.3. HIDRÓLISE ENZIMÁTICA

Os testes de hidrólise enzimática (utilizando a biomassa do lodo algácea do sistema de separador sólido-líquido e extrato bruto enzimático) foram realizados em agitação mecânica contínua no Shaker em frascos Erlenmeyers em duplicata. Como parâmetros de projeto para avaliação, foram selecionados diferentes tempos de detenção (6, 12, 24 e 48 horas), três doses dos extratos brutos enzimáticos (5%, 10% e 20% w/w) a uma temperatura constante de 30°C mantida no Shaker. Foram realizados também testes em branco de hidrólise controle, ou seja, sem a presença de extrato bruto enzimático.

As amostras foram retiradas de acordo com os tempos de detenção estabelecidos, e submetidas imediatamente à temperatura de 70°C em banho maria, para desativação das enzimas e encerramento do processo enzimático sobre a biomassa de lodo algácea. As análises realizadas, antes e depois dos processos hidrolíticos forma: pH, Sólidos Totais (ST), Sólidos Fixos (SF), Sólidos Voláteis (SV), DQO filtrada e Carboidrato.

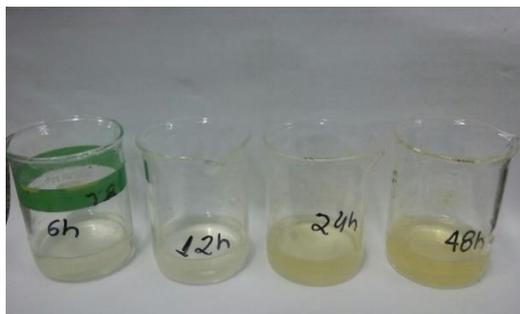


Figura 1: Exemplo de amostras filtradas após hidrólise em 10% de extrato enzimático de *Mucor sp.*



3. RESULTADOS

3.1. SELEÇÃO DE FUNGOS FILAMENTOSOS

A partir da análise dos resultados foi possível identificar o *Curvularia sp.* (F04) como fonte biológica produtora eficiente de amilase (IE amilase = 5,1) e *Penicillium sp.* (F11) para lipase (IE lipase = 3,9). Como representante de produtor para protease pelos resultados identificou-se o *Trichoderma koningii* (F19) (IE protease = 2,6), porém também relacionando sua taxonomia e de acordo com referências bibliográficas com bons resultados de degradação da parede celular pelo *Trichoderma koningii*, esse fungo também é bom produtor para celulase (IE celulase = 2,8). O *Mucor sp.* (F18) foi escolhido como bom reprodutor de celulase (IE celulase = 2,8). Para o estudo, foram discutidos resultados de ação das enzimas protease e celulase, ou seja, as análises e resultados subsequentes serão apresentados para *Mucor sp.* e *Trichoderma koningii*.

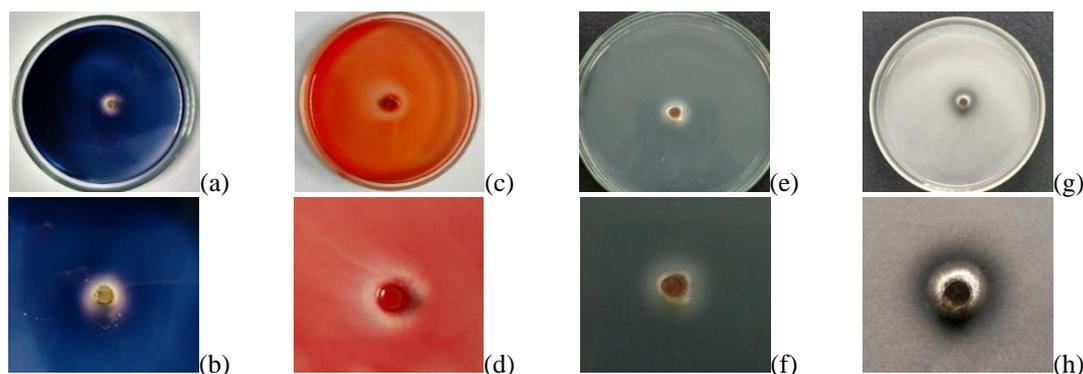


Figura 2: Exemplos de resultados positivos para atividade enzimática: amilase (a) e (b); celulase (c) e (d); lipase (e) e (f); protease (g) e (h).

3.2. REDUÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS

Nos processos de hidrólise enzimática utilizando o fungo *Mucor sp.* observou maior redução de concentração de sólidos fixos, seguido de sólidos totais e sólidos voláteis. No geral, a redução de sólidos foi mais considerável a partir de 24 horas de detenção.

Tabela 1: Análise de redução de sólidos com uso do extrato enzimático do *Mucor sp.*

Tempo de detenção	Redução de ST			Redução de SF			Redução de SV		
	[5%] enzima	[10%] enzima	[20%] enzima	[5%] enzima	[10%] enzima	[20%] enzima	[5%] enzima	[10%] enzima	[20%] enzima
6	12,81%	18,26%	16,88%	29,02%	33,44%	24,54%	10,67%	16,25%	15,60%
12	14,94%	15,07%	19,91%	27,48%	31,93%	26,54%	13,28%	12,85%	18,81%
24	19,92%	23,41%	21,81%	32,75%	33,68%	25,13%	18,22%	22,06%	21,26%
48	23,26%	18,11%	20,62%	38,17%	29,53%	27,15%	21,29%	16,59%	19,54%

Utilizando o fungo *Trichoderma koningii*, observou redução de concentração de sólidos totais, fixos e voláteis para a maioria das análises. A redução de sólidos foi mais evidente a partir de 24 horas de detenção. No geral, a redução de sólidos foi mais considerável a partir de 24 horas de detenção.

Tabela 2: Análise de redução de sólidos com uso do extrato enzimático do *Trichoderma koningii*.

Tempo de detenção	Redução de ST			Redução de SF			Redução de SV		
	[5%] enzima	[10%] enzima	[20%] enzima	[5%] enzima	[10%] enzima	[20%] enzima	[5%] enzima	[10%] enzima	[20%] enzima
6	1,15%	-18,35%	14,24%	8,12%	-6,52%	50,16%	0,68%	-19,42%	11,00%
12	-7,52%	2,12%	6,70%	-21,99%	-8,73%	-9,71%	-6,58%	2,83%	7,78%
24	-0,17%	18,04%	17,10%	15,57%	50,40%	51,25%	-1,23%	13,09%	11,87%
48	28,11%	71,91%	52,19%	22,76%	77,04%	71,46%	28,47%	71,13%	49,24%



A hidrólise com enzimas do *Mucor sp.* e *Trichoderma koningii* foram mais eficientes na redução de sólidos fixos (SF), ou seja, removendo a parte inorgânica do lodo de biomassa algácea. As reduções de sólidos voláteis (SV) são justificadas pela volatilização de diferentes compostos orgânicos.

3.3. SOLUBILIZAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA (DQO)

Nos ensaios de hidrólise enzimática com *Mucor sp.*, foi observado valores mais altos para a concentração de 20% de extrato bruto enzimático de *Mucor sp.*, apresentando DQO filtrada em 1186 mg/L no tempo de detenção máximo adotado, 48 horas.

Tabela 3: Concentração da DQO filtrada com uso de extrato enzimático de *Mucor sp.*

Tempo de detenção (horas)	Concentração de DQO filtrada após hidrólise (mg/L)		
	[5%] enzima	[10%] enzima	[20%] enzima
6	995,65	1133,59	1298,32
12	910,31	1045,27	1173,28
24	896,42	1082,98	1140,54
48	882,53	958,94	1186,18

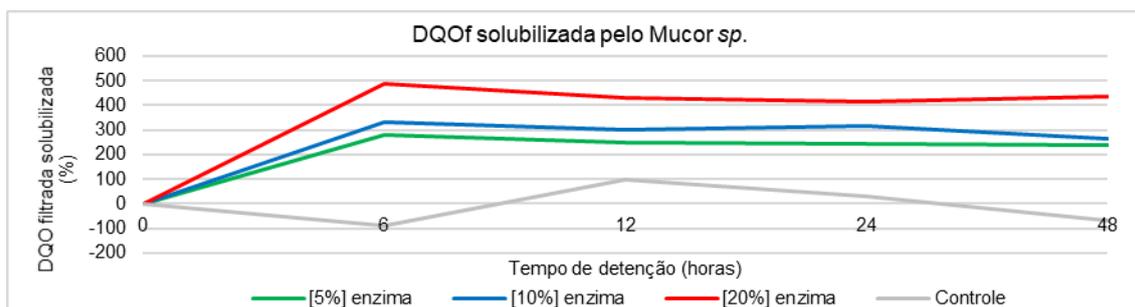


Figura 3: Solubilização da DQO filtrada com uso de extrato enzimático de *Mucor sp.*

Nos ensaios de hidrólise enzimática utilizando o fungo *Trichoderma koningii*, foram observados valores variados para as concentrações de extrato bruto enzimático, com DQO filtrada solubilizada no tempo de detenção máximo (48 horas) de 455,53 g/L, 764,81 g/L e 715,22 g/L para concentrações de extrato 5%, 10% e 20% respectivamente. Entretanto, o maior índice de biodegradabilidade foi alcançado pela concentração de 5% em 12 horas de detenção, com 836,25 g/L.

Tabela 4: Concentração da DQO filtrada com uso de extrato enzimático de *Trichoderma koningii*.

Tempo de detenção (horas)	Concentração de DQO filtrada após hidrólise (mg/L)		
	[5%] enzima	[10%] enzima	[20%] enzima
6	333,67	296,69	258,20
12	836,25	661,02	663,54
24	370,48	546,30	492,51
48	455,53	764,81	715,22

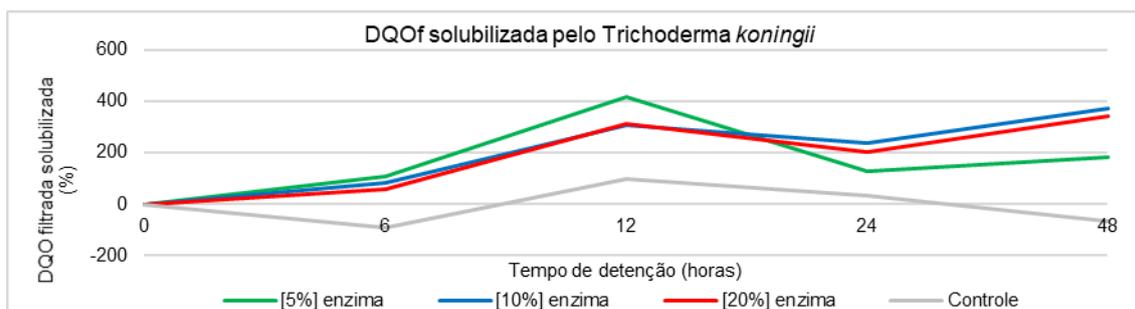


Figura 4: Solubilização da DQO filtrada com uso de extrato enzimático de *Trichoderma koningii*.



Durante o processo de hidrólise espera-se um crescente aumento da DQO até sua completa estagnação. Os resultados mostraram essa tendência, entretanto, a biodegradabilidade foi muito variável e as concentrações de DQO filtrada não foram satisfatórias, comparado aos resultados de hidrólise térmica e alcalina em um estudo paralelo de Lamberti (2017).

Algumas espécies de microalgas podem ser muito resistentes à hidrólise, o que reduz drasticamente a sua biodegradabilidade anaeróbica (TRAVIESO *et al*, 1999). Uma espécie de alga presente na biomassa do lodo algácea é a *Chlorella sp.*, assim como o grupo das cianobactérias. Essas são de difícil digestão devido a parede celular composta de polissacarídeos, o que dificulta o processo de hidrólise (OKUDA, 2002; BOHUTSKYI *et al.*, 2014). O substrato utilizado é diversificado e heterogêneo, contendo assim além de microalgas, bactérias, protozoários, vírus e outros fungos. Todos esses organismos também contribuem paralelamente para reações biológicas no processo de hidrólise enzimática. Isso pôde ser verificado a partir das análises realizadas nas mesmas condições mecânicas e temporais do lodo de biomassa algácea, porém sem a presença de extrato enzimático produzido. Dessa forma, vê-se uma semelhança na tendência dos resultados de %DQOf solubilizada de forma mais brandas. Assim, é possível considerar que o uso do extrato bruto enzimático amplificou esses resultados, contribuindo para a solubilização da DQO filtrada.

Deduz-se então que os baixos índices de solubilização da DQO a partir de hidrólise enzimática podem ser potencializados com ajustes de temperatura e pH máximos ótimos suportados pelas enzimas inseridas, para esse lodo de biomassa algácea.

3.4. SOLUBILIZAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA (CARBOIDRATOS)

Após ensaios com *Mucor sp.* foi possível verificar a crescente solubilização de carboidratos com adição do extrato bruto enzimático. As análises de %Carboidrato solubilizado, verificou-se um aumento de 11 vezes para 10% de extrato e 10 vezes para 5% de extrato, no tempo máximo de detenção (48 horas). Com o uso de 20% de extrato bruto enzimático a maior solubilização foi de 15 vezes e ocorreu nas 12 horas iniciais, entretanto esse valor decresceu significativamente em 48 horas.

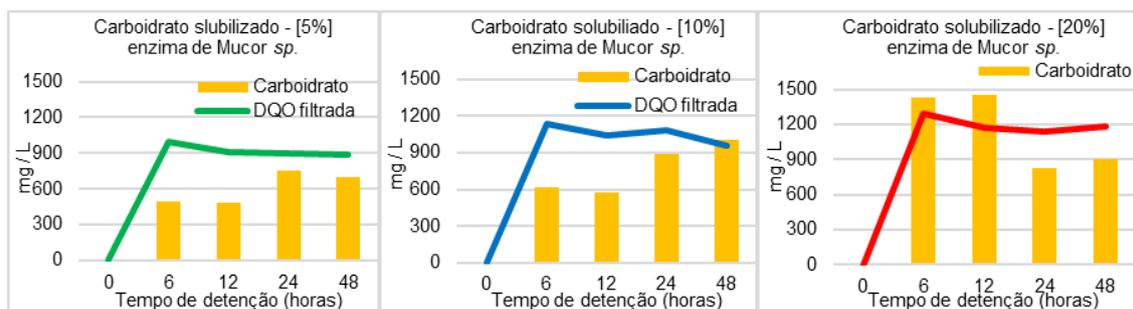


Figura 5: Solubilização de Carboidratos com uso de 20 % de extrato enzimático de *Mucor sp.*

Os ensaios com extrato bruto enzimático do *Trichoderma koningii* não foram muito distintos entre si, apresentando um mesmo padrão de resultados. Segundo a análise de %Carboidrato solubilizado, verificou-se um aumento de 8 vezes para 5%, 6 vezes para 10% e 9 vezes para 20% de extrato bruto enzimático no tempo de detenção de picos de concentração (12 horas). Após esse período, o decaimento da concentração de carboidrato foi considerável para 5% e 20%, entretanto, a concentração para 10% manteve-se.

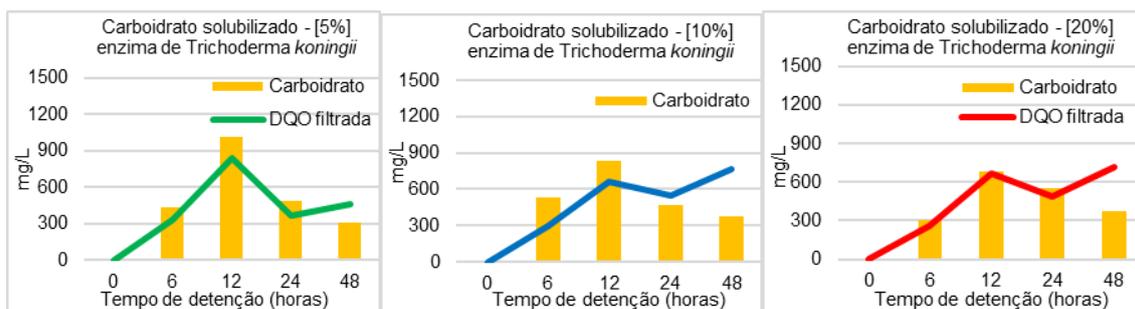


Figura 6: Solubilização de Carboidratos com uso de extrato enzimático de *Trichoderma koningii*.

A grande redução de carboidrato nos momentos finais dos ensaios foi devido ao consumo pelos microorganismos, visto isso também pela redução da DQO de solubilizada pelo consumo de oxigênio, após 12 horas de detenção. Deduz-se que esse consumo foi possível devido à alta disponibilidade de material de suprimento para os microorganismos presentes na biomassa, possibilitando maior crescimento dessas comunidades. A solubilidade do carboidrato foi mais expressiva no tempo de detenção de 12 horas com 20% de extrato bruto enzimático, disponibilizando mais açúcar para o meio de forma mais rápida diante os tempos de detenção preestabelecidos.

O lodo algáceo misto sob hidrólise expressa menor solubilidade de carboidratos quando comparado ao lodo de cultivo puro de microalgas. Em estudos realizados por Prajapati (2015) contribuíram para afirmar que a hidrólise enzimática é uma ferramenta eficiente de pré-tratamento para melhorar a viabilidade técnica e econômica dos processos de produção de biocombustíveis a partir do cultivo de algas puras. O mesmo autor obteve valores de obtenção de DQO e solubilização de açúcar da biomassa de algas de 29% e 44%, respectivamente, durante 48 horas incubação, com uso de enzimas do *A. lentulus*, bom produtor de celulase. Passos (2016) estudou a hidrólise enzimática em cultivos puros de microalgas, e confirmou que o pré tratamento enzimático melhorou a solubilização da biomassa de microalgas e também, em adicional, o rendimento de metano no pré-tratamento.

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os processos de hidrólise foram mais eficientes na redução de sólidos quando utilizado a concentração de 20% (w/w) para o extrato enzimático bruto de *Mucor sp.* e *Trichoderma koningii*. Os resultados apresentados mostraram que a eficiência de redução de sólidos foi maior para sólidos fixos, mas também considerável para sólidos voláteis. Para todas as concentrações de extrato bruto enzimático, o percentual de redução foi maior a partir de 24 horas de detenção. O aumento da carga de sólidos observado nas análises iniciais (6 horas e 12 horas) dos processos hidrolíticos com o *Trichoderma koningii* pode ter contribuição da carga de extrato bruto enzimático não contabilizado e até mesmo da produção excessiva dos microorganismos no substrato, nessas análises.

Verifica-se a necessidade de análises com menores concentrações de extrato bruto enzimático e para menores tempos de detenção, inferiores a 6 horas. Com o intuito de evoluir a pesquisa para biodisponibilização do material intracelular do lodo de biomassa algácea e obter valores mais concretos, é necessário acrescentar ensaios com cultivos puros das microalgas mais presentes no substrato, e então entender efetivamente a ação enzimática sobre esses microorganismos e suas características biológicas únicas. Verificar também em percentuais de redução o potencial dessa mesma ação enzimática agindo sobre a biomassa do lodo algáceo, não pura.

A partir da comparação do processo hidrolítico de controle sem adição de enzimas, foi constatado que a hidrólise enzimática funciona, de forma branda na temperatura de 30°C e sem controle do pH. Mas é importante verificar a efetividade das atividades das enzimas celulase e protease para os resultados, realizando experimentos com biomassa de microalga pura, desconsiderando assim a ação de qualquer microorganismo no substrato além da microalga, além de controlar melhor as condições de processo. A partir de estudos literários, as seguintes considerações devem ser intituladas como parâmetros de controle a serem melhorados:



A maioria das enzimas apresenta um pH característico em que sua atividade é máxima, chamado pH ótimo da enzima, acima ou abaixo do qual a atividade decresce. Portanto, é fundamental realizar os processos controlando o pH ótimo para a enzima específica utilizada. A velocidade de uma reação catalisada por enzimas aumenta conforme a concentração de substrato, até atingir uma velocidade máxima. A obtenção de um platô na velocidade de reação em altas concentrações de substrato reflete a saturação pelo substrato de todos os sítios de ligação disponíveis na enzima (CHAMPE & HARVEY, 1997). Portanto deve-se identificar a quantidade ideal de substrato. O aumento na temperatura imprime maior energia cinética às moléculas de enzima e substrato, ocasionando um maior número de colisões produtivas por unidade de tempo. Uma elevação adicional da temperatura resulta em uma redução na velocidade de reação, como resultado da desnaturação da enzima induzida pela temperatura (CHAMPE & HARVEY, 1997). Portanto, é necessário desenvolver a hidrólise a uma temperatura ótima para a atividade enzimática ocorrer de maneira mais eficiente.

Segundo estudos com hidrólise térmica e química, Wang *et al.*, (2016) afirma que a baixa solubilização obtida em alguns ensaios pode ser justificada pela possível presença de compostos de polissacarídeos de difícil degradação, como celulose e hemicelulose. Nesse sentido, a inclusão da hidrólise enzimática com enzimas de fungos que degradam esses materiais com eficiência, como a celulase, poderia auxiliar em índices maiores de solubilidade, encontrando um equilíbrio entre temperatura, pH e concentração enzimática, reduzindo a demanda energética para temperatura. Além disso, a inclusão de enzimas biológicas produzidas naturalmente não elevaria o custo, consideravelmente, para todo sistema de tratamento.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIM, G. M. Fermentação de farelo de cacau por *Aspergillus niger* para obtenção de lipase e biomassa para alimentação animal. 77 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, UESB, Itapetinga. 2011.
- BOHUTSKYI P., BETENBAUGH J. M., BOUWER E.J. The effects of alternative pretreatment strategies on anaerobic digestion and methane production from different algal strains. *Bioresource Technology*. v.155, 366–372, 2014.
- CHAMPE, P. C. & HARVEY, R. A. (1997). *Bioquímica ilustrada*, 2ªed. Artes Médicas, Porto Alegre. p. 53-92 e p. 177-192.
- CHO, S., PARK S., JAECHUL Y., LEE T. Evaluation of thermal, ultrasonic and alkali pretreatments on mixed-microalgal biomass to enhance anaerobic methane production. *Bioresource Technology*, v.143, 330-336, 2013.
- DINGLE, J.; TEID, W. W.; SOLOMONS, G. L. The enzymic degradation of pectin and other polysaccharides. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, London, v. 4, n. 8, p. 149-155, Apr. 1953.
- LAMBERTI, G. G. Solubilização de matéria orgânica de nutrientes do lodo algáceo de uma lagoa de estabilização através de processos hidrolíticos alcalino e térmico. Tese (Mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Engenharia e Desenvolvimento Sustentável. Vitória, p. 125. 2017.
- OKUDA K. Structure and phylogeny of cell coverings. *Journal of Plant Research*. v.115, 283–288, 2002.
- PASSOS, F.; HOM-DIAZ, A.; BLANQUEZ, P.; VICENT, T.; FERRER, I. Improving biogas production from microalgae by enzymatic pretreatment. *Bioresource Technology*, v. 199, 347-351. 2016.
- PRAJAPATI, S. K.; BHATTACHARYA, A; MALIK B, A; VIJAY, V.K. Pretreatment of algal biomass using fungal crude enzymes. *Algal Research*, v. 8. 8-14, 2015.
- SIERRA, S. A. Simple method for detection of lipolytic activity of microorganisms and some observations on the influence of the contact between cells and fatty substrates. *Antonie van Leeuwenhoek*, Amsterdam, v. 23, n. 1, p.15-22, Dec. 1957.
- TRAVIESO L., CANIZARES R. O, BORJA R, BENITEZ F., DOMINGUEZ A.R, DUPERYRON R., VALIENTE Y. V, Heavy Metal removal by Microalgae. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. v.62, 144- 151,1999.
- WANG M.; LEE E.; DILBECK M.P.; MATTHEW LIEBELT, M.; ZHANG Q. SARINA E. J. Thermal pretreatment of microalgae for biomethane production: experimental studies, kinetics and energy analysis. *J Chem Technol Biotechnol*. 2016.



IV-001 – Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos de bacias hidrográficas com disponibilidade hídrica crítica

Lorena Gregório Puppim⁽¹⁾

Oceanógrafa pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Pesquisadora na Agência Estadual de Recursos Hídricos (AGERH).

Felipe Dutra Brandão⁽²⁾

Analista Ambiental na Agência Estadual de Recursos Hídricos (AGERH). Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa (UFV) e Pós Graduado em Gestão e Educação Ambiental (FAESA).

Endereço^(1,2): Rua Desembargador José Fortunato, 95 – Mata da Praia – Vitória - ES - CEP: 29066-070 - Brasil - Tel: (27) 3347-6218 - e-mail: lorenapuppim@hotmail.com¹; felipe.brandao@agerh.es.gov.br².

RESUMO

A análise da demanda de água pelos setores usuários e os múltiplos usos e ocupações do solo tem sido objeto de estudo para análise do panorama dos recursos naturais. As Bacias Hidrográficas do Rio Itaúnas e do Rio São Mateus, localizadas ao norte do Estado do Espírito Santo, encontram-se inseridas em uma região com escassez hídrica natural, com características típicas do semi-árido. Partindo dessa particularidade, esse trabalho objetivou avaliar a influência dos usos e usuários presentes nessas regiões. Os resultados apontaram o sistema antropizado com 84,7% da área da bacia do Rio Itaúnas e 77,6% da bacia do Rio São Mateus. O uso do solo Pastagem apresentou predominância em ambas as bacias, correspondendo a 57,7% e 50,4% na bacia do Rio Itaúnas e na do Rio São Mateus, respectivamente. Na análise da demanda de água para os usos consuntivos verificou-se o protagonismo da irrigação, com 90,9% e 94,7% na bacia do Rio Itaúnas e Rio São Mateus, nessa mesma ordem. Nesse contexto, observa-se o potencial de impacto e conflito pelo uso da água entre os setores usuários da água presentes nessas regiões. Desta forma, nota-se a necessidade da utilização racional para uma adequada gestão dos recursos hídricos, além de o uso conjunto dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos ser apresentado como um dos caminhos para o enfrentamento da situação crítica atual presente nessas regiões.

PALAVRAS-CHAVE: Irrigação, Pastagem, Balanço Hídrico, Crise Hídrica.

INTRODUÇÃO

O crescimento do setor agropecuário no Brasil tem sido, nas últimas décadas, marcado pelo uso dos recursos naturais sem o devido planejamento, o qual tem contribuído para a geração de conflitos entre os setores usuários da água (LEVINO e MORAIS, 2009).



O Estudo da Conjuntura dos Recursos Hídricos (ANA, 2018) estimou que somente a agricultura irrigada é responsável por 52% de toda a água retirada dos rios no país, seguido do abastecimento humano (23,8%), industrial (9,1%) e a dessedentação animal (8,0%), e que o consumo dos principais usos consuntivos tende a crescer 24% até 2030. De acordo com o estudo, essa identificação e quantificação serve de balizador de risco e de sustentabilidade hídrica dos empreendimentos.

Segundo o Centro de Desenvolvimento do Agronegócio (Cedagro, 2016), a ocupação do solo no Estado do Espírito Santo ocorreu de forma desorganizada, sem o planejamento correto do uso das terras e sem a utilização de práticas sustentáveis e diversificadas adequadas. Esses fatores têm trazido uma série de consequências, entre elas, a redução da capacidade produtividade do solo, irregularidades e diminuição do fluxo dos rios e córregos, além de poluição dos mananciais.

De acordo com Mourão *et al.* (2002), o aumento do uso dos recursos hídricos subterrâneos tem sido apontado como solução às constantes crises hídricas surgidas no Estado do Espírito Santo. Entretanto, apesar do potencial de uso das águas do sistema aquífero granular presente na região norte do Estado, há um risco de efeitos adversos da perfuração indiscriminada de poços e o consequente rebaixamento descontrolado do nível d'água. Além disso, Batista (2015) aponta que poderá haver elevação dos custos operacionais do bombeamento, até a exaustão do aquífero, impossibilitando, futuramente, a extração dos recursos hídricos.

O norte do Espírito Santo, segundo a classificação Köppen, tem sido enquadrada como zona de clima tropical, com inverno seco, o que faz com que essa região apresente características similares ao semi-árido nordestino do Brasil (MMA, 2005). Assim, a baixa disponibilidade hídrica natural associada ao uso indiscriminado dos recursos tem feito dessa região um ponto de estudo importante.

Nesse contexto, o presente trabalho objetivou avaliar o impacto do uso e ocupação do solo e da demanda hídrica dos principais usos consuntivos identificados nas Bacias Hidrográficas do Rio Itaúnas e do Rio São Mateus, ambas localizadas no norte do Estado do Espírito Santo, com a peculiaridade natural de estarem inseridas em uma região com baixa disponibilidade hídrica.

Este trabalho faz parte do Projeto Diagnóstico e Prognóstico das condições do uso da água das Bacias Hidrográficas do Rio Itaúnas e do Rio São Mateus, os quais foram elaborados com o apoio e a participação da Agência Estadual de Recursos Hídricos (AGERH), do Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN), da Secretária de Estado de Meio Ambiente e de Recursos Hídricos (SEAMA) e da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES).

METODOLOGIA

Localização das Bacias Hidrográficas

Realização



Patrocínio



Apoio





A Bacia Hidrográfica do Rio Itaúnas e do Rio São Mateus estão localizadas no norte do Estado do Espírito Santo e possuem área de drenagem de aproximadamente 4428 km² e 8237 km², respectivamente. Ressalta-se que para o presente estudo foi considerado apenas as porções das bacias inseridas no Estado do Espírito Santo.

Visando melhor caracterizar a área de estudo e facilitar o processo de planejamento dos recursos hídricos, as bacias foram subdivididas em unidades de planejamentos (UPs). Essa segmentação dos territórios, que contou com a participação dos respectivos Comitês de Bacias Hidrográficas, consistiu na divisão do território em porções físicas segundo critérios físicos, hidrológicos, além de considerar a identidade regional, de acordo com aspectos socioculturais, econômicos e políticos mais homogêneos.

Na Figura 1e na Figura 2 são apresentadas, respectivamente, as Bacias Hidrográficas do Rio Itaúnas e do Rio São Mateus, divididas em Unidades de Planejamento.

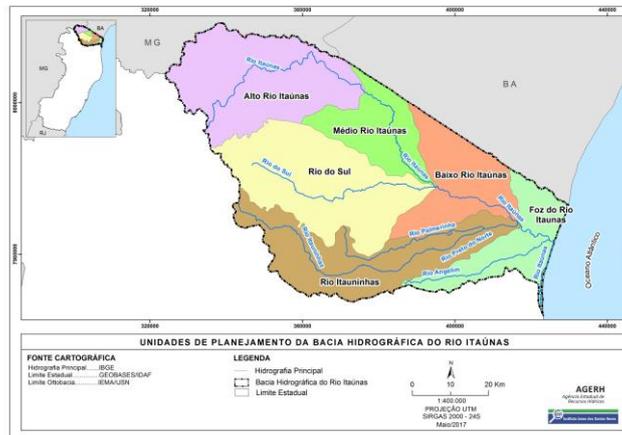


Figura 1 - Delimitação das UPs da Bacia Hidrográfica do Rio Itaúnas.

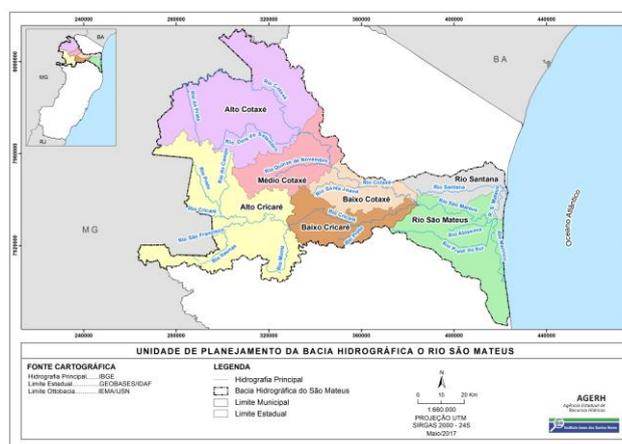


Figura 2 - Delimitação das UPs da Bacia Hidrográfica do Rio São Mateus.

Uso e Ocupação do Solo

Para a caracterização do uso e cobertura do solo das Bacias Hidrográficas do Rio Itaúnas e do Rio São Mateus foram utilizados dados obtidos juntos ao Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Espírito Santo (IEMA) referentes aos



levantamentos de uso e ocupação do solo extraídos dos ortofotomosaicos executados entre os anos de 2007/2008 e 2012/2015, ambos na resolução de 1 metro, compatível com a escala 1:15:000, corrigidos e atualizados quando necessários.

Levantamento Hídrico

Para a correlação entre os dados de precipitação e evapotranspiração de referência foram utilizados os dados disponibilizados por Xavier *et al.* (2015). Já para a análise da disponibilidade hídrica foi utilizada como referência a vazão média de longo termo (Q_{MLT}) calculada através das equações do sistema de Outorga da Agência Estadual de Recursos Hídricos (AGERH), a qual determina o potencial hídrico de uma bacia.

No cálculo da demanda dos principais usos consuntivos identificados nas bacias (irrigação, dessedentação de animal, abastecimento humano e industrial) foi utilizada a metodologia semelhante àquela preconizada no trabalho Estimativa das Vazões para as Atividades de Uso Consuntivo da Água em Bacias do Sistema Interligado Nacional – SIN (ONS, 2005). Foram utilizadas as informações fornecidas pelo Incaper (área irrigada – 2016), IBGE (cabeça de animais e número populacional - 2016) e outorga industrial emitida pela AGERH (2017), por município inserido nas respectivas bacias hidrográficas.

Por fim, o balanço hídrico superficial correspondeu à razão entre a demanda dos usos consuntivos e a disponibilidade hídrica superficial utilizando o Índice de Retirada de Água ou *Water Exploitation Index* (WEI), o qual corresponde à razão entre a vazão de retirada total dos usos consuntivos e a Q_{MLT} .

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na análise da distribuição da variação espacial da precipitação média anual das Bacias Hidrográficas do Rio Itaúnas e do Rio São Mateus nota-se que a precipitação oscila de 942 a 1.337 mm/ano, com média em torno de 1.110 mm/ano e 1.150 mm/ano, respectivamente. Quando comparada à média de precipitação anual para o Estado do Espírito Santo (1.129 mm/ano), observa-se uma baixa incidência de chuva.

Essa característica de baixa incidência de chuvas tem como uma das consequências um balanço hídrico deficitário nessas bacias, com os valores de evapotranspiração de referência superando em até 296 mm/ano na bacia do Rio Itaúnas e de 211 mm/ano na bacia do Rio São Mateus os valores de precipitação. A partir dos dados de precipitação e evapotranspiração de referência disponibilizados por Xavier *et al.* (2015) observa-se a relação entre os totais precipitados e evapotranspirados nessas bacias.

Na Figura 1 e na Figura 2 são apresentados os balanços hídricos resultantes da diferença entre a lâmina média mensal de precipitação e de evapotranspiração de referência nas Bacias Hidrográficas do Rio Itaúnas e do Rio São Mateus, respectivamente.

Figura 1 - Balanço hídrico resultante da diferença entre a lâmina média mensal de precipitação e de evapotranspiração de referência na Bacia Hidrográfica do Rio Itaúnas.

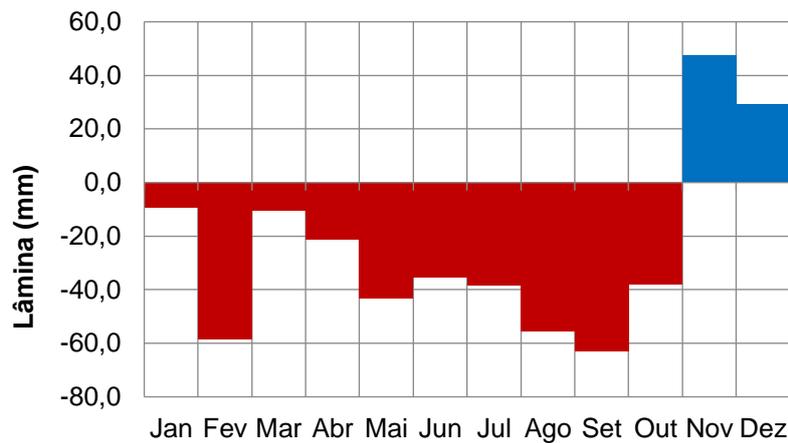
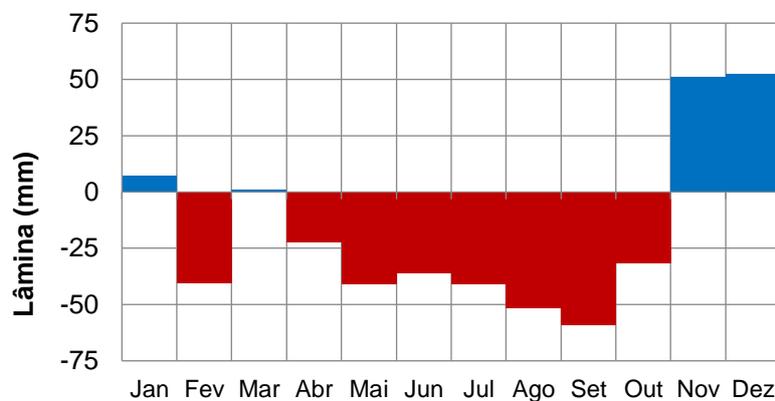


Figura 2 - Balanço hídrico resultante da diferença entre a lâmina média mensal de precipitação e de evapotranspiração de referência na Bacia Hidrográfica do Rio São Mateus.



A análise do balanço hídrico permite observar o acentuado déficit hídrico nessas duas bacias localizadas no norte do Estado do Espírito Santo, destacando que em mais de 70% do tempo os valores de evapotranspiração superam as precipitações. Assim, essa particularidade natural faz com que essas bacias possuam características, muitas vezes, similares ao semi-árido nordestino, sendo inclusive classificadas no Programa Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação aos Efeitos da Seca (MMA, 2005) como área suscetível à desertificação, principalmente nas porções altas e médias dessas bacias.

Uso do solo e principais usos consuntivos identificados nas bacias

Ao analisarmos os valores percentuais das áreas referentes às classes de uso e ocupação do solo presente nessas bacias, nota-se que o sistema antropizado corresponde a 84,7% da área da Bacia Hidrográfica do Rio Itaúnas, enquanto na Bacia do Rio São Mateus esse sistema equivale a 77,6% da sua área. Verifica-se a predominância da Pastagem em ambas as bacias, correspondendo a 57,7% e 50,4%, na bacia do Rio Itaúnas e na do Rio São Mateus, respectivamente. O segundo uso mais expressivo, nessa mesma ordem de distribuição de bacia do Rio Itaúnas e na do Rio São Matues, é o cultivo agrícola (20,4%) e o remanescente florestal (13,9%), respectivamente. Nesse contexto, esses percentuais



chamam atenção, pois o alto nível de antropização do território da bacia potencializa a pressão sobre a disponibilidade hídrica dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade.

Quanto à análise dos principais usos consuntivos identificados na Bacia Hidrográfica do Rio Itaúnas, o mais expressivo é a irrigação, com 90,9%, seguido do setor industrial (5,8%). Já na Bacia Hidrográfica do Rio São Mateus a irrigação apresenta percentual de 94,7%, seguido da dessedentação animal (3,6%). Assim, observa-se o alto potencial de impacto e conflito pelo uso da água entre os setores usuários da água presentes nessas regiões.

Análise hídrica

-Uma das atividades elementares para a gestão dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica consiste em conhecer o balanço hídrico entre a disponibilidade hídrica e a demanda dos usos consuntivos. Nesse intuito, de acordo com o auxílio de indicadores foi possível observar que a situação do balanço hídrico na Bacia Hidrográfica do Rio Itaúnas é excelente nas UPs localizadas à jusante da bacia (Baixo Rio Itaúnas – 3,5% e Foz do Rio Itaúnas – 0,8%), acentuando-se o comprometimento em direção à montante e passando a ser preocupante nas UPs Médio Rio Itaúnas (8,6%) e Alto Rio Itaúnas (19,8%) e muito crítica nas UPs Rio do Sul (68,6%) e Rio Itauninhas (133,2%).

Já na Bacia do Rio São Mateus, a situação é excelente nas UPs Alto Cotaxé (1,2%), Médio Cotaxé (4,4%), Rio Santana (1,8%) e Rio São Mateus (2,4%). Já nas UPs Baixo Cotaxé (11,1%), Alto Cricaré (17,4%) e Baixo Cricaré (16,5%) a situação passa a ser enquadrada como preocupante.

Diante desses cenários é possível notar que a elevada demanda de água para fins de irrigação, frente à baixa disponibilidade hídrica natural presente nessas regiões, atrelado aos altos índices de antropização (destacando o uso do solo pela Pastagem) têm ocasionado a sinergia de fatores responsáveis por colocar essas regiões em situação de alerta no Estado do Espírito Santo. Além disso, é possível notar que os usos Pastagem e Irrigação se destacam por serem atividades que possuem o maior consumo de água nessas bacias, ou seja, são grandes responsáveis por comprometer a disponibilidade hídrica nessas regiões.

Diante de um contexto de escassez hídrica superficial que se agrava nos últimos anos nessas regiões, o entendimento das reservas hídricas subterrânea e sua exploração, realizada de forma planejada, tende a aumentar a segurança hídrica. Mourão *et al.* (2002), destaca os depósitos terciários que ocorre de forma não aflorante no terreno, oriunda da Formação Rio Doce, os quais apresentam elevada porosidade, com alto potencial hidrogeológico nessa região. Dessa forma, a utilização racional e o uso conjunto dos recursos hídricos subterrâneos com os recursos hídricos superficiais apresentam-se como um dos caminhos para o enfrentamento da situação crítica atual.

Apesar de surgir como solução às constantes crises hídricas enfrentadas no norte do Estado do Espírito Santo nos últimos anos, o aumento do uso dos recursos hídricos subterrâneos não foi acompanhado de planejamento adequado e ferramentas capazes de



assegurar a manutenção dos aspectos quali-quantitativo dos mesmos (MOURÃO *et al.*, 2002).

CONCLUSÕES

O balanço hídrico nas Bacias Hidrográficas do Rio Itaúnas e do Rio São Mateus demonstrou um baixo índice de precipitação decorrente, principalmente, das características do semi-árido presente nessas regiões. Além disso, os dados apresentaram um alto índice de antropização do solo para ambas as bacias, com destaque para o uso da Pastagem. Quanto à demanda dos principais usos consuntivos é possível observar a predominância do consumo de água para a irrigação frente aos demais usos. Diante desse cenário, verifica-se que o balanço hídrico, principalmente nas UPs localizadas à montante das duas bacias hidrográficas encontra-se em situação de alerta hídrica.

Por fim, conclui-se que a utilização racional e o uso conjunto dos recursos hídricos subterrâneos com os recursos hídricos superficiais apresentam-se como um dos caminhos para o enfrentamento da situação crítica atual presente nas Bacias Hidrográficas do Rio Itaúnas e do Rio São Mateus. No entanto, caso não seja realizado o planejamento e gerenciamento integrado e sustentável dos recursos hídricos subterrâneos haverá um risco de ocorrência de efeitos negativos nos aquíferos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGENCIA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS - AGERH. (2018a). “Diagnóstico e prognóstico das condições de uso da água na bacia hidrográfica do Rio Itaúnas”. Relatório Etapa A. Vitória, 2018. Disponível em: <https://agerh.es.gov.br/cbh-rioitaunas>. Acesso em: 14 de junho 2019.
2. AGENCIA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS - AGERH. (2018b). “Diagnóstico e prognóstico das condições de uso da água na bacia hidrográfica do Rio São Mateus”. Relatório Etapa A. Vitória, 2018. Disponível em: <https://agerh.es.gov.br/cbh-riosaomateus> Acesso em: 14 de junho 2019.
3. AGÊNCIA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS (AGERH). 2017. Disponível em: agerh.es.gov.br. Acesso em 28 de junho de 2019.
4. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Conjuntura dos Recursos Hídricos (2018). Disponível em: <https://www.ana.gov.br/>. Acesso em: 27 de junho de 2019.
5. BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Portaria MMA N° 445, de 17 de dezembro de 2014. Secretaria de Recursos Hídricos. Coordenadoria Técnica de Combate à Desertificação. Programa de Ação Nacional de Combate à



- Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca – PAN Brasil. Brasília: MMA, 2005.
6. CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DO AGRONEGÓCIO (CEDAGRO). Disponível em: <http://www.cedagro.org.br/>. Acesso em: 27 de junho de 2019.
 7. LEAL, C. A. Geofísica aplicada na avaliação dos recursos hídricos subterrâneos e meio ambiente da zona costeira do campo petrolífero de Fazenda Alegre, norte capixaba - Espírito Santo. 2007. 181 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas e Tropicais). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2007.
 8. LEVINO, N. A.; MORAES, D. C. Análise da degradação ambiental do Complexo Estaurino-Lagunar Mundaú/Manguaba – Alagoas. In: XVI Simpósio Brasileiro de Engenharia de Produção. Bauru, 2009.
 9. MOURÃO, M. A.; LIMA, J. E. S.; MONTEIRO, E. A. Os sistemas aquíferos do norte do estado do Espírito Santo: potencial de exploração e diagnóstico atual de aproveitamento. Anais. In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Florianópolis - SC. 2002.
 10. OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO (ONS). Estimativas das Vazões para as Atividades de Uso Consuntivo da Água em Bacias do Sistema Interligado Nacional – SIN. Brasília: ONS; FAHMA-DZETA; ANA; ANEEL; MME, 2005. Disponível em: <http://www.ceivap.org.br/downloads/Relatorio%20final%20ONS.pdf>. Acesso em: 28 de Junho de 2019.
 11. SILVA, Cláudia & CALLAPEZ, Pedro. Estratégias e atividades no ensino da Geologia: a importância das aulas de campo em práticas pedagógicas relativas à sedimentogênese e ao ambiente sedimentar. Coleção Ciências da Terra, número especial. 2003.
 12. XAVIER, A. C; KING, C. W; SCANLON, B. R. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980-2013). Int. J. Climatol, 2015.



IV – MODELAGEM COMPUTACIONAL DOS IMPACTOS DA AERAÇÃO MECANIZADA NA QUALIDADE DE ÁGUA DA LAGOA RODRIGO DE FREITAS/RJ

Luis Carlos Soares da Silva Junior⁽¹⁾

Engenheiro Civil-Sanitarista pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Mestrando do Programa de Engenharia Civil da COPPE/UFRJ.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Athos da Silveira Ramos, 149, Centro de Tecnologia – Bloco I, Sala I206 - Ilha do Fundão, Caixa Postal 68506, Rio de Janeiro, RJ, CEP: 21941-909 - Brasil - e-mail: luis.junior@coc.ufrj.br

RESUMO

A Lagoa Rodrigo de Freitas é uma lagoa estuarina da cidade do Rio de Janeiro com área de 2,25 km² e profundidade média 2,8 metros. Esse corpo hídrico, que possui crônico histórico de qualidade de água e eutrofização e foi alvo de um programa estratégico da CEDAE, companhia de saneamento. O presente trabalho teve como objetivo modelar a implementação de 12 aeradores na superfície da Lagoa Rodrigo de Freitas (LRF) em cenário de comportas fechadas e contribuição fluvial do Rio dos Macacos para simular uma melhoria da qualidade da água devido ao aumento de Oxigênio Dissolvido (OD) na água e consequente redução da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). Conclui-se que, a princípio, a proposta de aeração cumpre o a hipótese levantada de aumentar a concentração de oxigênio dissolvido na água nas regiões próximas dos aeradores. Fato que permite o estudo de viabilidade para utilização em situações emergenciais de modo a evitar a mortandade de peixes, por exemplo.

PALAVRAS-CHAVE: Modelagem de qualidade de água; Lagoa Rodrigo de Freitas – RJ; Eutrofização

INTRODUÇÃO

A Lagoa Rodrigo de Freitas (LRF) é uma lagoa estuarina da cidade do Rio de Janeiro com área de 2,25 km² e profundidade média 2,8 metros. Possui bacia hidrográfica drenante com cerca de 23,5 km² sendo os principais rios: Cabeças, Macacos e Rainha (Soares et al., 2012). Essa lagoa costeira encontra-se com elevado estado trófico, sob forte influência de esgoto (Lima, 2008). Localiza-se na região mais nobre do estado do Rio de Janeiro onde o valor do m² dos imóveis destoa entre dentre os mais caros do mundo, variando entre R\$ 20 mil e R\$ 40 mil. (O GLOBO, 2014).

Esse corpo hídrico, que possui crônico histórico de qualidade de água e eutrofização, já sendo conhecida pelos índios tupinambás, antes da chegada dos europeus, como Sacopenapã ou “lagoa do peixe podre”. Desde o sendo tema de uma matéria intitulada “Gás Inflamável e Altamente Tóxico na Lagoa Rodrigo de Freitas” na Revista Municipal de Engenharia de 1955 (SUPER INTERESSANTE, 2016; CEDAE, 2018).

Foi alvo de um programa estratégico da Companhia Estadual de Águas e Esgotos (CEDAE), o Programa Lagoa Limpa, iniciado em 2006, tendo como uma das principais etapas a implantação de galeria de cintura e elevatórias no entorno da Lagoa Rodrigo de Freitas. O projeto consumiu cerca de R\$ 150 milhões (CEDAE, 2019).

Eventos de mortandade de peixes na lagoa vêm sendo noticiados e estudados e, de acordo com Domingos et al. (2012), a lagoa é exutório de uma bacia de 32 km² composta majoritariamente por Mata Atlântica. Oliveira et al. (1957) conseguiu correlacionar diretamente um evento de mortandade com déficit de oxigênio dissolvido na água.

Dada a importância econômico-ambiental da lagoa, decidiu-se analisar uma possível solução para o problema de qualidade de água da LRF. Solução já pensada por Oliveira et al. (1957) para evitar a mortandade de peixes



na lagoa, a aeração é um processo que injeta de ar na água para aumentar a troca gasosa com a atmosfera e, portanto, aumentar as concentrações de oxigênio dissolvido no líquido.

OBJETIVO

O presente trabalho teve como objetivo modelar a implementação de 12 aeradores na superfície da Lagoa Rodrigo de Freitas em cenário de comportas fechadas e contribuição fluvial do Rio dos Macacos para simular uma melhoria da qualidade da água devido ao aumento de Oxigênio Dissolvido (OD) na água e consequente redução da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).

METODOLOGIA

De forma a simular a aeração na Lagoa Rodrigo de Freitas, buscou-se, inicialmente, através da ferramenta *Google Earth Pro* a visão aérea da área de estudo. Foi possível demarcar as fronteiras de terra da lagoa, as ilhas Piraquê e Caiçaras, o canal do Jockey, o rio dos Macacos, além do canal Jardim de Alah (Figura 1). Para fins de visualização foi demarcada a faixa de areia e o oceano. Uma vez que os dados exportados em formato *.kmz* e com coordenadas lat/long, convenientemente foi utilizado o *software Surfer* para a transformação para coordenadas métricas na projeção *UTM* em formato *.bln*, obtendo-se o mapa base para modelagem digital do terreno, conforme Figura 1.

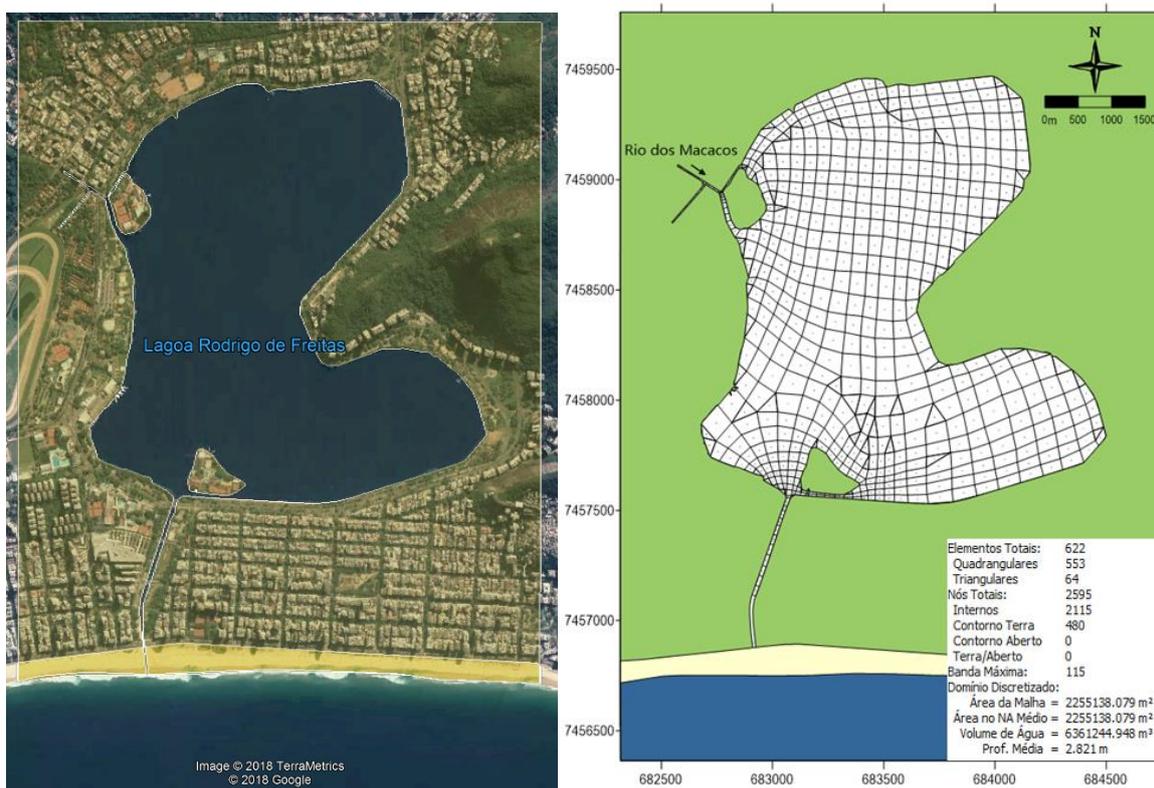


Figura 1 - Imagem de satélite da região analisada e modelo digital de terreno

A modelagem hidrodinâmica teve como premissa um cenário com as comportas Jardim de Alah, Visconde de Albuquerque e General Garzon fechadas. Portanto, sem comunicação com o mar, logo sem renovação de águas oceânicas. Contou ainda com a contribuição fluvial do Rio dos Macacos a uma vazão constante de 300 l/s (ROSMAN, 2012).

Primeiramente, foi necessário definir quais dimensões seriam modeladas. Para tal, observou-se que a razão entre a os dados de entrada para profundidade média (2.821 m) e a área do espelho d'água (2,255,138 m²) é da



ordem de 10^{-6} . Portanto, foi adotada uma modelagem bidimensional no eixo XY, também conhecida como 2DH, onde os valores calculados pelo modelo promediam a profundidade.

Dado que o consumo de matéria orgânica pelo corpo hídrico decai uma ordem logarítmica em cerca de uma semana, a simulação foi de 10 dias (882000 segundos). O passo de tempo utilizado foi de 150 segundos no modelo hidrodinâmico considerando a todos os termos da equação do movimento, exceto o efeito de Coriolis e o gradiente de densidade. Para os demais parâmetros, foram utilizados valores *default*.

Para incluir a vazão fluvial da bacia do rio dos Macacos, foi utilizada uma vazão média de 300 l/s distribuídos pelos 8,8 metros de largura do canal, denotando uma vazão nodal de $0,034 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$ nos nós 3,5 e 6. Enquanto no canal do Jockey, adotou-se uma vazão de 1 l/s distribuídos por 6,25 metros de largura do canal, denotando uma vazão nodal de $0,00016 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$ nos nós 161, 163 e 247 (MIGUEZ *et al.*, 2012)

Para simular a ação de 12 aeradores, foram inseridos valores locais permanentes de vento em nós específicos com 20 m/s de intensidade e 30° de direção, conforme Figura 2. Foi adotada uma evaporação permanente e uniforme de maneira a equilibrar a entrada de água pelo rio dos Macacos. Para tal, foi dividida a vazão fluvial pela área superficial da lagoa, obtendo-se uma taxa de 0,4805 mm/hora.

Os resultados da modelagem hidrodinâmica foram gravados em intervalo espacial de 1 hora (3600 segundos) e temporal de meia hora (1800 segundos). Além de definidas 5 estações de monitoramento conforme Figura 2.

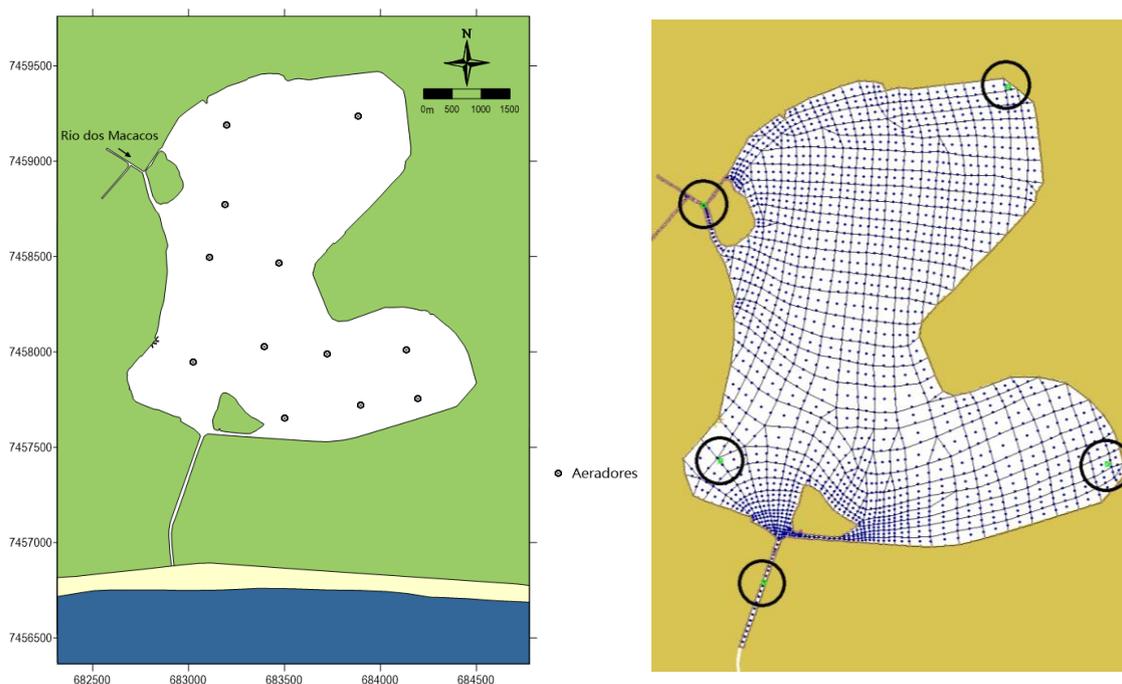


Figura 2 - Disposição geográfica dos aeradores na Lagoa e localização das estações

Do modelo de qualidade de água foi utilizado apenas o módulo de OD&DBO. A partir do modelo hidrodinâmico, descartou-se o primeiro dia devido ao período de equalização de informações, uma vez que o modelo hidrodinâmico foi calculado em “partida fria”. Portanto, o instante inicial da simulação de qualidade de água foi a partir do segundo dia.

Das reações cinéticas utilizadas para OD&DBO, a taxa de aeração foi calculada pelo modelo, segundo descrito por Rosman (2018), enquanto a taxa de desoxigenação foi adotada 0,266, um valor intermediário entre valores parametrizados para rios e efluentes tratados (VON SPERLING, 2018). Os outros valores adotados foram *default* do sistema devido à falta de informações mais refinadas.



Para os nós de fronteira, foi adotada um fluxo com concentração constante de 20 mg O₂/l de DBO nos nós 3, 5 e 6 que são a entrada do rio (DE PAULA, 2009).

Como condições iniciais, foi adotada uma salinidade média de 15 unidades práticas de salinidade, de acordo com Soares *et al.* (2012); temperatura média de 26,7 °C e concentração de OD de 2mg/l, a partir de dados da Prefeitura do Rio de Janeiro (2016) para a data modelada; e concentração de DBO de 5 mg O₂/l (DE PAULA, 2009).

Devido a algum erro do programa, uma região da malha apresentava valores de DBO discrepantes dos vizinhos em uma área que não havia nenhum dado de infiltração, portanto, foi utilizada a ferramenta de absorção e através da análise da região, foram selecionados os nós com problema e induzidos a uma concentração inicial de 5mg O₂/l de DBO nas primeiras horas da simulação e o problema foi solucionado.

Os resultados foram gravados com intervalo espacial e temporal de 6 horas (21600 segundos) e, no presente relatório, foram separados por parâmetro analisado: oxigênio dissolvido e demanda bioquímica de oxigênio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De maneira a facilitar a exposição, os resultados foram divididos na modelagem hidrodinâmica e qualidade de água.

Modelagem hidrodinâmica

Na Figura 3 é possível observar a elevação da coluna de água e os vetores apresentam as vazões. Os vetores apresentam uma tendência de circulação provocada pelos aeradores que se mantém ao longo do tempo de modelagem.

Embora observe-se que houve uma diminuição global do nível de água da lagoa devido à erros de aproximação no cálculo da taxa de evaporação, observa-se uma leve tendência de empilhamento da ordem de 2 mm na região sul da lagoa devido a ação dos aeradores estarem direcionados a 30° sudoeste.

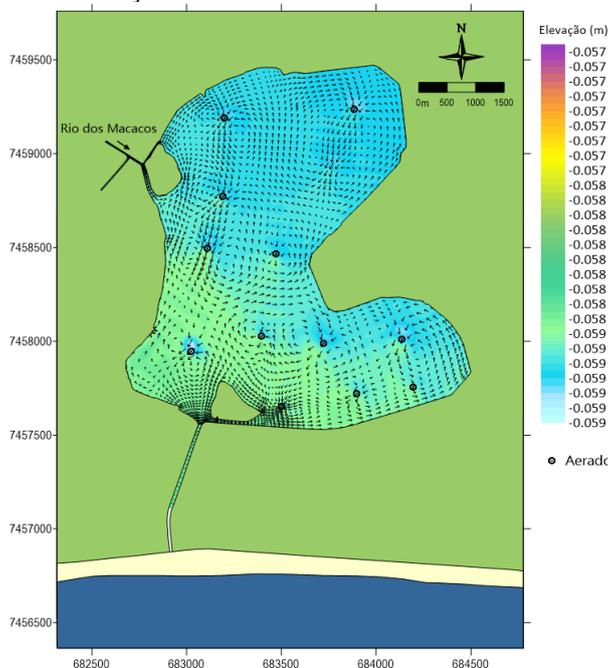


Figura 3 – Elevação e vetores de vazão devido a ação dos aeradores após 10 dias de simulação

Modelagem de qualidade de água

Após 9 dias de modelagem de qualidade de água, as séries temporais de variação de oxigênio dissolvido para as 5 estações definidas (mesmas do modelo hidrodinâmico) é observada na Figura 4



É possível observar que as estações do Canal do Piraquê, Rebouças e Ipanema apresentam padrões de estabilização, enquanto a estação do Leblon apresenta elevação dos níveis de OD e a estação do Jardim de Alah segue decaindo as concentrações de OD.

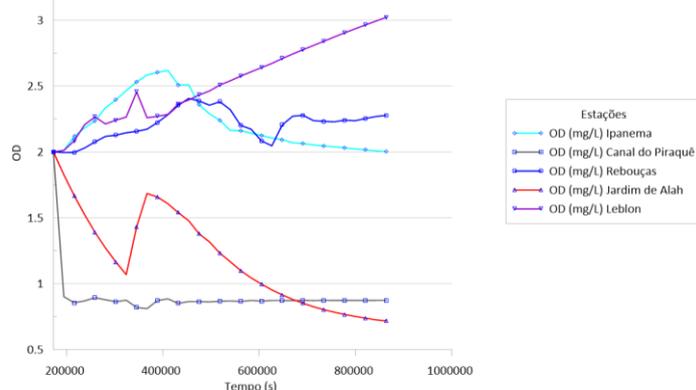


Figura 4 - Série temporal da concentração de oxigênio dissolvido por estação

O primeiro dia da modelagem (Figura 5) mostra alguns efeitos da circulação hidrodinâmica na oxigenação da lagoa. Alguns locais próximos à zona de circulação dos aeradores também mostram concentrações ligeiramente maiores que as demais. Já o último dia da modelagem apresenta a influência fluvial na depleção de oxigênio da região de deságue do rio dos Macacos. Em contrapartida, a região sudeste da lagoa, sem a presença de fluxo de matéria orgânica e alta circulação de água, provocada pelos aeradores, apresenta os melhores índices de OD, chegando a valores próximos a 5 mg/l, os mais altos identificados na modelagem.

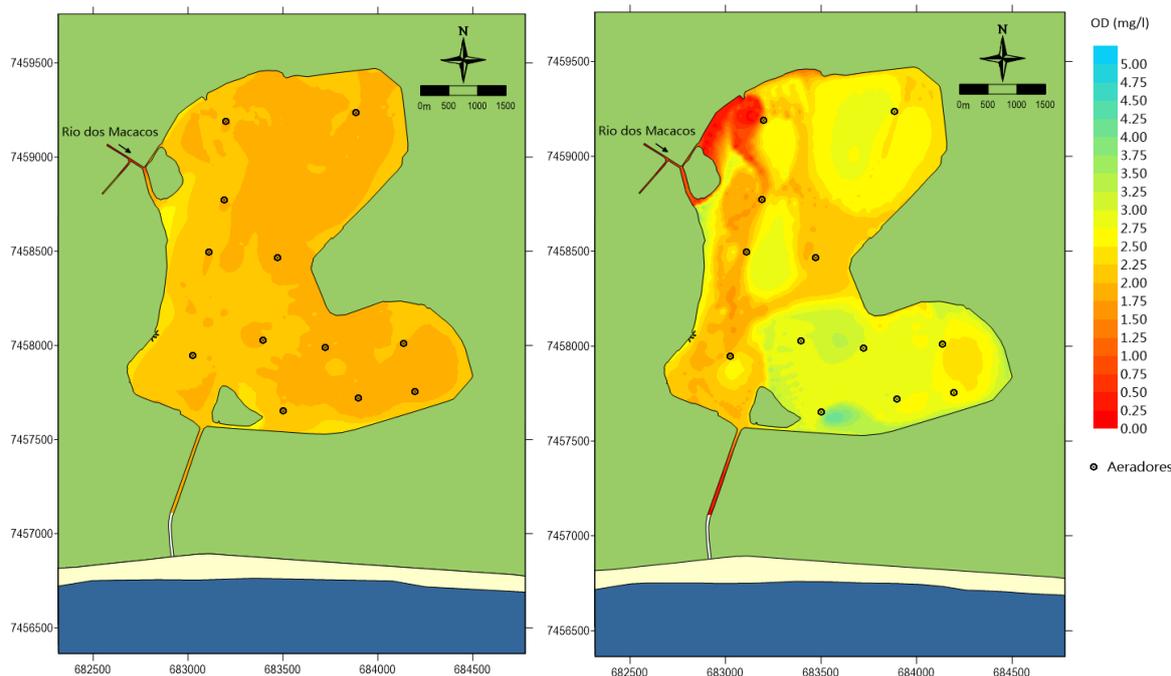


Figura 5 - Simulação da concentração de OD após 1 e 9 dias de aeração, respectivamente

A apresentam a porcentagem de ocorrência, ou seja, a persistência das concentrações de 2 mg/l e 1mg/l, respectivamente. Tal análise, permite relacionar as condições de habitat dos seres aquáticos presentes em cada região, devido às suas restrições de concentração de O₂ na água. Ou ainda esses cenários possibilitam a previsão da morte de peixes, situação, comum em verões passados.

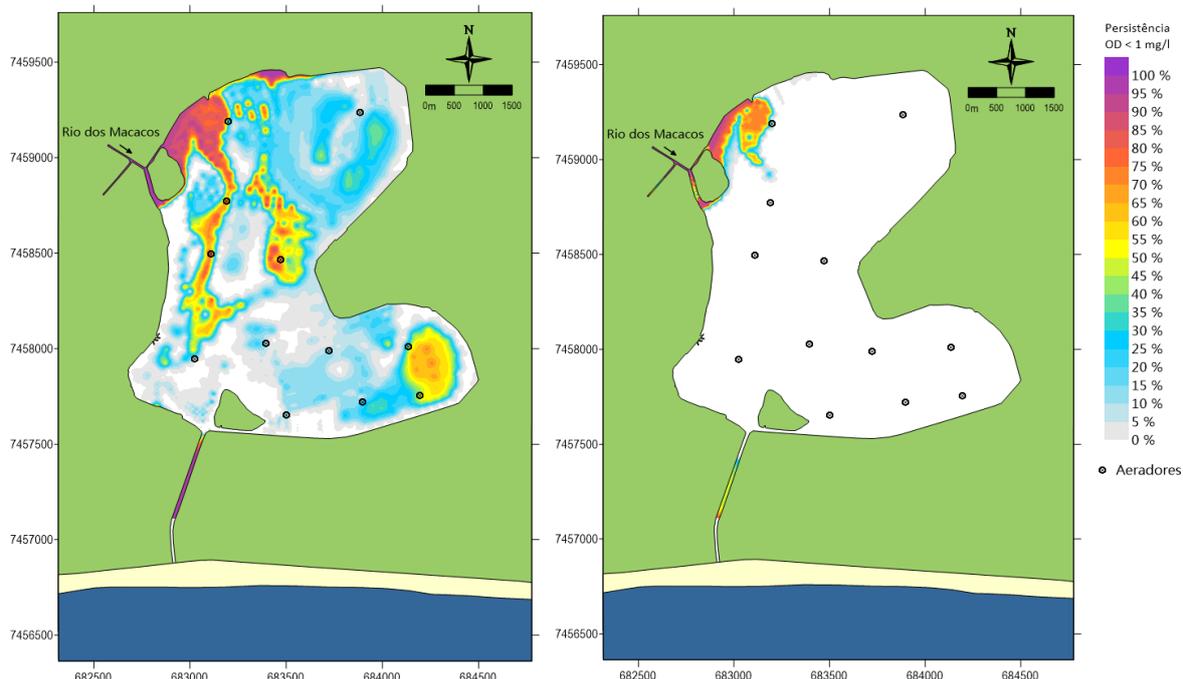


Figura 6 - Regiões da lagoa com persistência de OD inferior a 2 mg/l e 1 mg/l, respectivamente

Analogamente à simulação de OD, a DBO foi analisada e os efeitos da circulação hidrodinâmica são notados mais discretamente, devido à baixa variação das concentrações nos trechos sem troca com a água do rio dos Macacos. Novamente, alguns locais próximos à zona de circulação dos aeradores também mostram concentrações ligeiramente mais baixas que as demais.

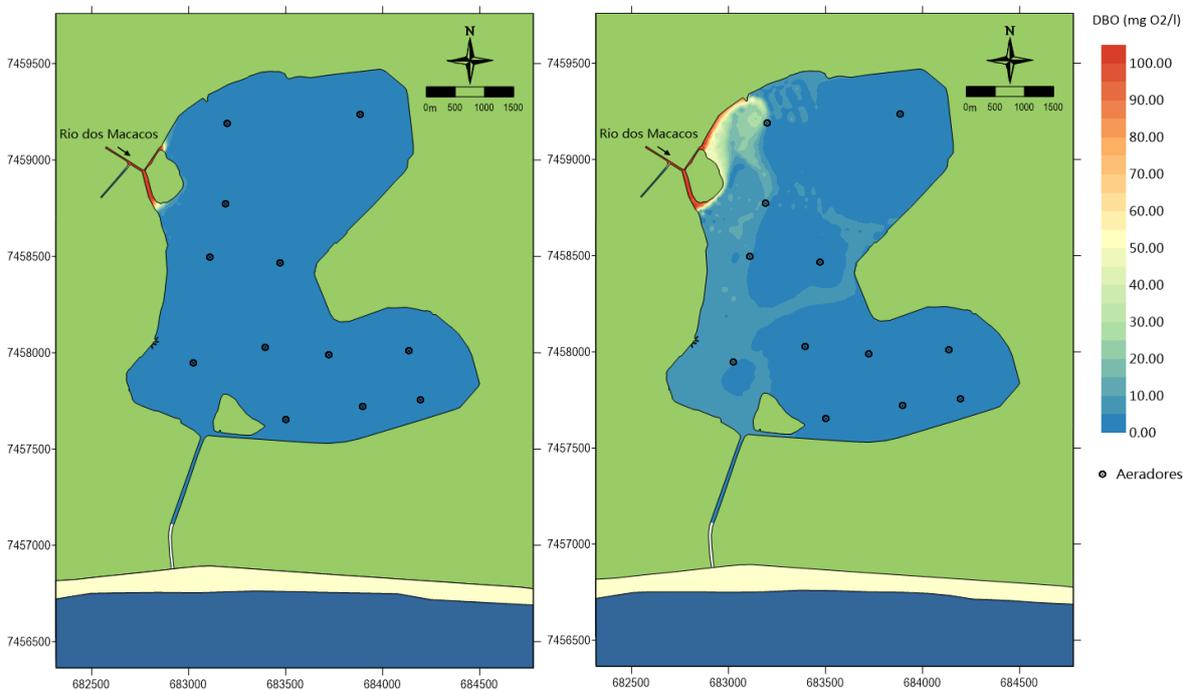
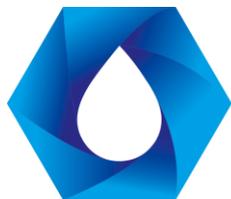


Figura 7 - Simulação da concentração de DBO após 1 e 9 dias de aeração



CONCLUSÕES

Conclui-se que, a princípio, a proposta de aeração cumpre o a hipótese levantada de aumentar a concentração de oxigênio dissolvido na água nas regiões próximas dos aeradores. Fato que permite o estudo de viabilidade para utilização em situações emergenciais de modo a evitar a mortandade de peixes, por exemplo.

No entanto, é muito importante lembrar que a modelagem de compostos de nitrogênio e fósforo não foi simulada devido à falta de dados. Além de não terem sido consideradas contribuições como a drenagem do túnel Rebouças e outros corpos hídricos drenantes para a lagoa.

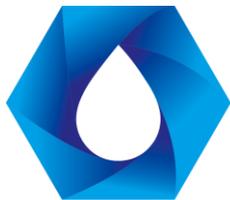
Recomenda-se ampliar os estudos de modo a avaliar o impacto da revolução dos aeradores no lodo orgânico sedimentado no fundo da lagoa. Uma vez que sua suspensão aumenta a disponibilidade de nutrientes no meio e poderia ocasionar uma piora na situação para uma eventual eutrofização.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CEDAE (2019). *Programa Lagoa Limpa*. Disponível em: http://www.cedae.com.br/lagoa_limpa. Acesso em 14 mai. 2019.
2. DE PAULA, T. P. (2009). *Análise hidrodinâmica e de renovação de massas d'água na Lagoa Rodrigo de Freitas através do uso de modelagem computacional*. Projeto final de graduação. UFRJ/ Escola Politécnica.
3. DOMINGOS, P., GÔMARA, G. A., SAMPAIO, G. F., SOARES, M. F., SOARES, F. F. L. (2012). “Eventos de mortandade de peixes associados a florações fitoplanctônicas na Lagoa Rodrigo de Freitas: Programa de 10 anos de monitoramento”. *Oecologia Australis*. Set. 2012.
4. LIMA, L.S. (2008). “Estudos de hidrodinâmica ambiental e mudanças na qualidade das águas da Lagoa Rodrigo de Freitas após ligação com o mar via dutos afogados, Rio de Janeiro – RJ”. 116 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Oceânica – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
5. MUIGEZ, M.G.; REZENDE, O.M.; VERÓL, A.P. (2012) “Interações entre o rio dos Macacos e a Lagoa Rodrigo de Freitas sob a ótica dos problemas de drenagem urbana e ações integradas de revitalização ambiental”. *Oecologia Australis*. Set. 2012.
6. O GLOBO (2014). *Os imóveis mais exclusivos do mundo*. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/economia/imoveis/os-imoveis-mais-exclusivos-do-mundo-11334767>. Acesso em 14 mai. 2019.
7. OLIVEIRA, L., NASCIMENTO, R., KRAU, L., MIRANDA, A. (1957). “Observações hidrobiológicas e mortandade de peixes na Lagoa Rodrigo de Freitas”. *Memórias de Oswaldo Cruz*. 1957.
8. Prefeitura do Rio de Janeiro (2016). Boletins nº 278 a 285 de diagnóstico de qualidade de água. *Gestão Ambiental do Sistema da Lagoa Rodrigo de Freitas*. Out. 2016.
9. ROSMAN, P.C.C. (2018). Referência Técnica do SisBaHiA® - Sistema Base de Hidrodinâmica Ambiental. Engenharia Costeira e Oceanográfica. COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro.
10. ROSMAN, P.C.C. (2012). “Ligação lagoa-mar, uma necessidade”. *Oecologia Australis*. Set. 2012.
11. SOARES, M. F., DOMINGOS, P., SOARES, F. F. L., FIDALGO, L. (2012). “10 anos de monitoramento da qualidade ambiental das águas da Lagoa Rodrigo de Freitas”. *Oecologia Australis*. Set. 2012.
12. SUPER INTERESSANTE (2016). “Como deveria ter sido a despoluição da Lagoa Rodrigo de Freitas?” Disponível em: <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/como-deveria-ter-sido-a-despoluicao-da-lagoa-rodrigo-de-freitas/>. Acesso em: 14 mai. 2019.
13. VON SPERLING, M. (2018). *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos: Princípios do tratamento Biológico de Águas Residuárias*. 4ª Edição. Belo Horizonte. Editora UFMG, 2018.



IV- MONITORAMENTO DA QUANTIDADE E QUALIDADE DE AGUA EM MICROBACIAS DO ALTO JEQUITINHONHA, MINAS GERAIS.

Maysa Luitchia da Silva Almeida ⁽¹⁾

Engenheira Ambiental e Sanitária pelo Centro Universitário do Leste de Minas Gerais- (UNILESTE-MG)
Pós-graduada em Auditoria e Perícia Ambiental pela Faculdade Única –MG.

Alice Arantes Carneiro

Bióloga pelo Centro Universitário do Leste de Minas Gerais-(UNILESTE-MG).
Mestre em Engenharia Industrial e professora no Centro Universitário do Leste de Minas Gerais - Unileste desde 2005, atuando na graduação em Ciências Biológicas e Medicina Veterinária.

Endereço ⁽¹⁾: Avenida Maria Rodrigues de Carvalho, 15 - Olaria - Timóteo - MG - CEP: 35180-182 - Brasil - Tel: (31) 986260670 - e-mail: maysa_luitchia@hotmail.com.

RESUMO

O cultivo de eucalipto está presente em várias regiões, sendo uma produção lucrativa em grandes empresas, para produção de celulose, carvão vegetal e entre outras. O eucalipto atua como um dos principais causadores de alterações no ambiente natural dentro de uma microbacia, principalmente interferindo na qualidade dos ambientes aquáticos locais, devido a processos erosivos. Por meio do processo de lixiviação esses sedimentos são acarreados para o meio aquático, alterando a qualidade física e química, podendo levar a eutrofização. O principal objetivo do projeto consiste na avaliação e monitoramento da qualidade de água em quatro pontos diferentes em áreas de plantio de eucalipto da Aperam Bioenergia, localizados na região do Vale do Jequitinhonha - MG. As coletas foram realizadas bimestralmente, de dezembro de 2015 a fevereiro de 2017 em quatro pontos em riachos do Vale do Jequitinhonha: CC1 e CC2 em área urbana de Capelinha e SA1 e SA2 em área de plantio de eucalipto de Itamarandiba. As análises físico-químicas foram realizadas *in situ*, por uma sonda multiparâmetros da marca HANNA Hi- 9828, e no laboratório de Pesquisa Ambiental do Unileste (LPA) de acordo com metodologias descritas em APHA (2005). Os resultados foram comparados aos limites legais do CONAMA, para ambientes de água doce classe 2. A atividade de silvicultura, localizados em outros pontos de coleta, tem a possibilidade de estar influenciando diretamente na qualidade de água nos córregos. É necessário que há um monitoramento constante nesses pontos (SA1 e SA2), pois foi possível estabelecer que os resultados de fósforo, mantiveram-se alto no mês de agosto, em relação aos pontos (CC1 e CC2), e valor nulo no mês de fevereiro, mas não podendo ter uma conclusão definitiva, pois o mesmo apresentou variação em outros meses de análises.

PALAVRAS-CHAVE: Microbacia. Monitoramento. Silvicultura.

INTRODUÇÃO

De acordo com Said (2008, on line) conclui que, “monocultura em larga escala de eucalipto vêm se tornando cada vez mais frequente em nosso país, dada que a rentabilidade dessa prática é altamente lucrativa, principalmente para as grandes empresas que atuam no setor de produção de celulose, exploração da madeira para a fabricação de móveis, lenha, papel e também, na produção de carvão vegetal ”.

Realização



Patrocínio



Apoio





II Seminário Estadual de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

Tema: Inovação Tecnológica e de Gestão
para enfrentar os desafios do milênio

OUTUBRO 2019
VITÓRIA-ES

Devido à utilização do solo, com atividades de cultivos anuais de eucalipto, é necessário que seja feito um monitoramento constante, da qualidade da água, na microbacia, onde abrange essa região de cultivo. As práticas relacionadas ao monitoramento de qualidade de água incluem a coleta de dados e de amostras de água em locais específicos (geo-referenciados), feita em intervalos regulares de tempo, de modo a gerar informações que possam ser utilizadas para a definição das condições presentes de qualidade da água (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, 2016, on line).

O presente projeto tem a finalidade de avaliar a qualidade das águas em microbacias do Alto Jequitinhonha, sendo nas cidades de Capelinha e Itamarandiba, localizadas na região norte de Minas Gerais, onde há monocultura de eucalipto.

Entretanto, para estimar se há possível impacto ambiental causado pela silvicultura, faz se necessário, procedimento de análise de parâmetros físicos – químicos da água, como; fósforo, nitrato, pH, sólidos suspensos, temperatura, turbidez, entre outros.

OBJETIVO

O principal objetivo do projeto consiste na avaliação e monitoramento da qualidade de água em quatro pontos diferentes em áreas de plantio de eucalipto da Aperam Bioenergia, localizados na região do Vale do Jequitinhonha - MG.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de localização

O estudo foi realizado na bacia hidrográfica do alto Jequitinhonha, no estado de Minas Gerais, sendo coletadas amostras de águas em quatro pontos diferentes em riachos do Vale do Jequitinhonha, localizados nas cidades de Capelinha e Itamarandiba. Dois pontos de amostras são coletados, na cidade de Capelinha, sendo em área urbana, considerando um ponto localizado a jusante (CC1) e outro na montante (CC2), outros dois pontos de amostras, são coletados na área onde há plantação de eucalipto, sendo (SA1 e SA2). As coletas foram realizadas bimestralmente, de dezembro de 2015 a fevereiro de 2017.

Tabela 1- Identificação e localização dos pontos de coletas amostrais

PONTOS	DESCRIÇÃO	MUNICÍPIO	OCUPAÇÃO DO SOLO
(CC1)	Córrego Capivari 1	Capelinha - MG	Urbana
(CC2)	Córrego Capivari 2	Capelinha - MG	Urbana
(SA1)	Rio Santo Antônio 1	Itamarandiba - MG	Eucalipto
(SA2)	Rio Santo Antônio 2	Itamarandiba - MG	Eucalipto

Análises laboratoriais

As amostras de água coletadas no Córrego Capivari e Rio Santo Antônio foram armazenadas em garrafas plásticas e colocadas em caixas térmica, para estabilizar a temperatura, posteriormente levadas para a casa de hóspedes da empresa Aperam, para processamento, como o processo de filtração. As amostras foram mantidas refrigeradas até serem levadas para o Laboratório de Pesquisa Ambiental (LPA), no UNILESTE, onde foram

Realização



Patrocínio



Apoio





II Seminário Estadual de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

Tema: Inovação Tecnológica e de Gestão
para enfrentar os desafios do milênio

OUTUBRO 2019

VITÓRIA-ES

mantidas congeladas até o dia da análise laboratorial para a realização de outras análises, como amônia, fósforo, ortofosfato, nitrato, nitrito, turbidez. Os parâmetros de condutividade, pH, sólidos dissolvidos, temperatura, foram realizados em *in situ*, através de uma sonda HANNA multiparâmetros Hi- 9828.

A análise de sólidos em suspensão foi realizada por meio do método gravimétrico, de APHA (2005), no qual o para a filtração da amostra, foi utilizado o filtro GF-3 da marca Macherey-Nage. O filtro com os sólidos retidos foi levado à estufa a 105 C° e, após pesado em uma balança de precisão, na mufla em uma temperatura de 550 C°, sendo também posteriormente pesados. Com este procedimento foi possível obter a concentração total de sólidos em suspensão e as frações voláteis (orgânica) e não voláteis (inorgânicas).

A turbidez foi obtida por espectrofotometria pelo método Spectroquant Merc, no espectrômetro Pharo 300. As análises de amônia, fósforo total, nitrato, nitrito, e ortofosfato foram realizados por meio de métodos colorimétricos, utilizando espectrofotômetro, de acordo com os métodos descritos em APHA, sendo que ortofosfato foi avaliado por meio de kit MERCK. Os resultados estimados, foram comparados com a resolução CONAMA 357/05, sendo considerados as condições de ambientes de água doce, classe 2.



Figura 1 - Córrego Capivari 1



Figura 2 - Córrego Capivari 2

Realização



Patrocínio



Apoio



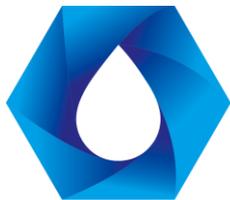


Figura 3 - Rio Santo Antônio 1



Figura 4 - Rio Santo Antônio 2

RESULTADO

Ao analisar o Potencial hidrogeniônico (pH), foi possível identificar que todos os valores de pH (Figura 5), mantiveram constantes em todos os meses, exceto o mês de agosto, onde foram encontrados valores mais altos, e também o maior valor encontrado, dentre todos os pontos, foi no ponto SA1(8,2), em dezembro e o valor mínimo encontrado no ponto SA1(5,12) no mês de dezembro/16. Portanto os valores encontrados na área de estudo estão dentro da faixa de variação de pH, entre 6 a 8, de acordo com a resolução CONAMA, para água doce, classe 2, cujo o limite de variação de pH é entre 6,0 a 9,0. Entretanto, devido a microbacia ser situada em uma região onde o clima é seco, apresentando baixo índice pluviômetro e uma maior evapotranspiração, o pH é classificado como mais básico.

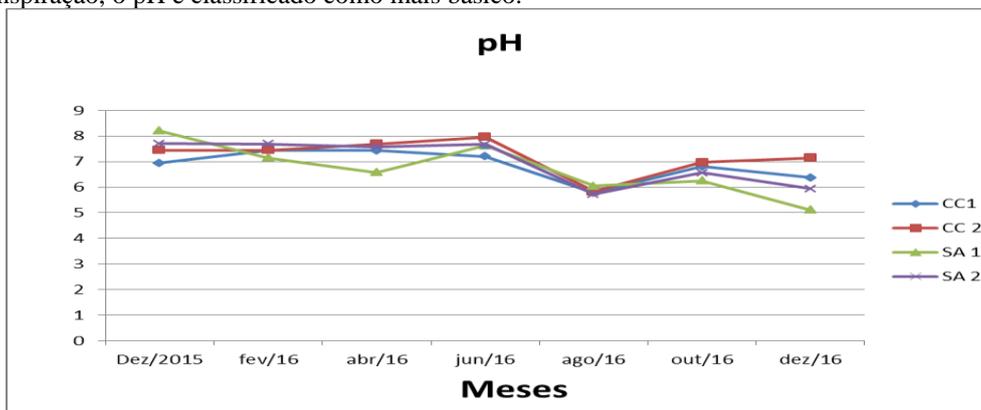


Figura 5: Concentração de pH nos quatro pontos de monitoramento no Vale do Jequitinhonha no período de Dezembro/2015 a Fevereiro/2017.

Realização



Patrocínio



Realização



Apoio





Por meio dos valores encontrados para turbidez (Figura 6), foi possível perceber, que houve variação de todos os pontos, em todos os meses analisados, não sendo possível identificar o mês em que todos os pontos, foram encontrado resultados elevados. O ponto CC2, foi o que mais apresentou maior valor em relação a outros meses, (exceto mês de fevereiro/2017), tendo maior valor de 37,42 NTU, no mês de agosto, sendo o mês que houve elevado índice pluviométrico nos dias anteriores da coleta, o que relaciona a elevada concentração de turbidez. Entretanto, apesar de variações nos pontos de coleta em diferentes meses, os valores de turbidez (Figura 6), estiveram dentro do limite CONAMA, sendo para água doce, classe 2, cujo o limite é de 100 NTU.

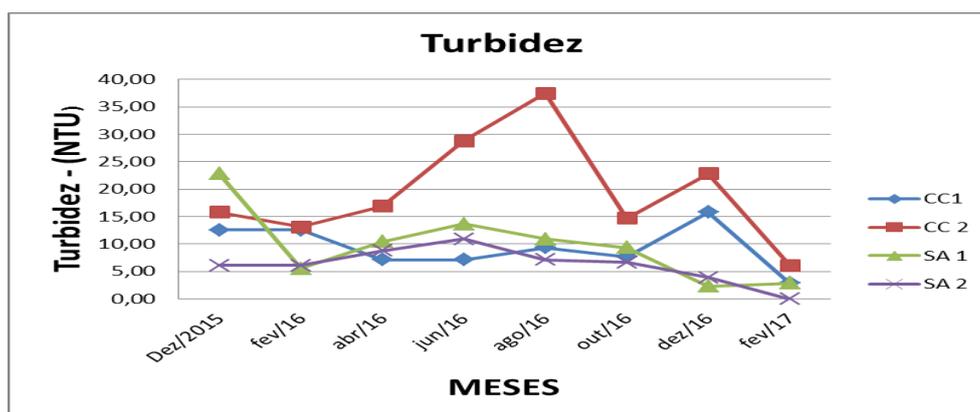


Figura 6: Concentração de turbidez nos quatro pontos de monitoramento no Vale do Jequitinhonha no período de Dezembro/2015 a Fevereiro/2017.

Os maiores valores encontrados de sólidos solúveis totais, foram excepcionalmente nos meses de agosto e dezembro/2016, considerando por ser um período de chuva, e o que ocasiona consequentemente, o arraste de sedimentos provenientes de processos erosivos sendo lixiviados para os corpos d'água, que se encontram, em áreas próximas ao local.

O ponto (CC2) apresentou uma maior taxa de elevação no mês de agosto sendo de (1328,67 mg.L⁻¹), em contrapartida, o ponto (SA2), apresentou valor nulo relacionado aos demais, no mês de abril e agosto. Os valores de todos os pontos nos meses de abril foram, menores, comparados a outros meses, provavelmente pela baixa concentração de índice pluviométrico nesse período.

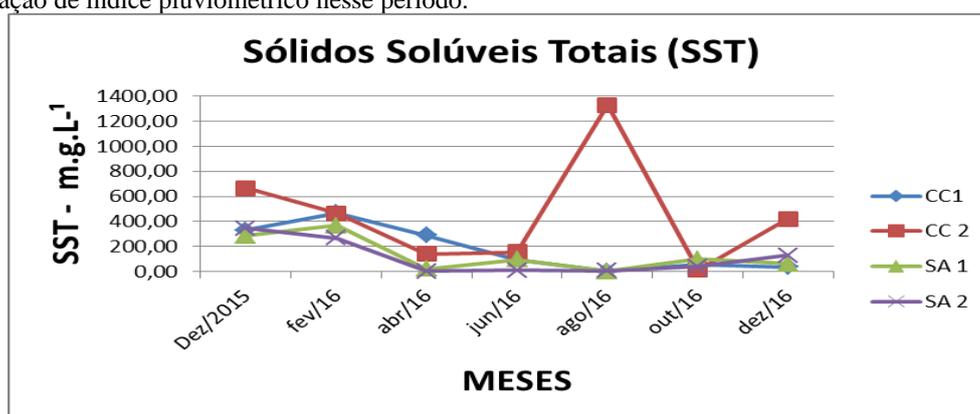
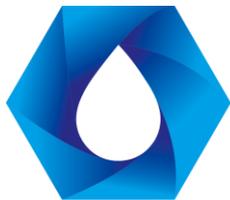


Figura 7: Concentração de sólidos Solúveis Totais nos quatro pontos de monitoramento no Vale do Jequitinhonha no período de Dezembro/2015 a Dezembro/2016.



Com base nos resultados encontrados (Figura 8), observou-se uma variação grande nos meses de fevereiro e outubro, sendo que nos pontos SA1 e SA2 (outubro), não foi encontrada presença de fósforo, sendo um valor nulo, o mesmo acontecendo no mês de fevereiro no ponto (CC2). O mês de agosto apresentou valores altos (exceto SA1), comparando a outros meses, apresentando um pico de 0,652 no ponto (CC2). De acordo com a resolução CONAMA 357/05 os ambientes lóticos de água doce de classe 2 tem o valor limite de fósforo total de 0,1 mg.L⁻¹, portanto mesmo o ponto (CC2) no mês de agosto, ter apresentado um valor alto, comparando em relação a outros pontos nos meses anteriores, todos os pontos dos meses de dezembro/2015 a dezembro/2016, estão dentro do limite, de acordo a resolução CONAMA 357/05.

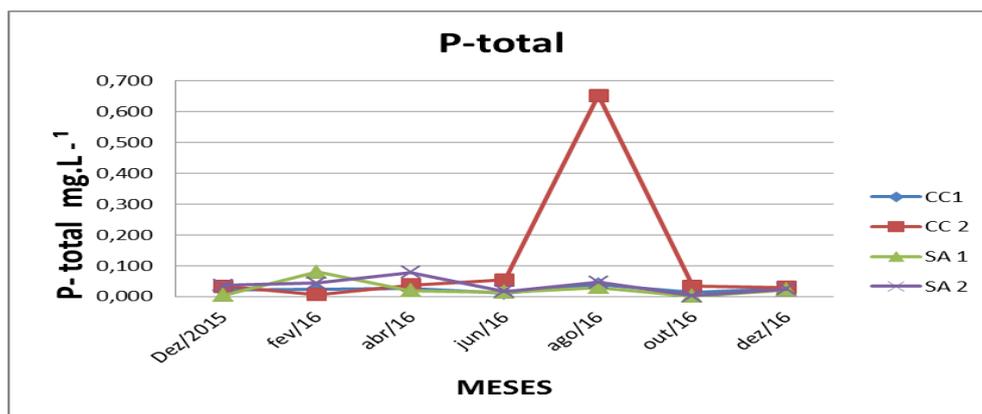


Figura 8: Concentração de P-total nos quatro pontos de monitoramento no Vale do Jequitinhonha no período de Dezembro/2015 a Dezembro/2016.

Quanto às formas de nitrogênio (amônia, nitrato e nitrito), analisados, nos resultados de amônia, no ponto (CC2) em todos os meses analisados, exceto os meses de (abril, outubro e dezembro/16) as concentrações apresentaram valores maiores em relação aos outros pontos, e obteve um valor mais elevado de 0,431 mg.L⁻¹ no ponto no mês de agosto (Figura 9).

Para nitrato, nos meses de abril a outubro, houve uma variação de 0 mg.L⁻¹ a 0,040 mg.L⁻¹, de nitrato, sendo os maiores valores encontrados no mês de junho, no ponto (SA1) sendo de 0,140 mg.L⁻¹ e valores nulos de amostragens nos pontos (SA1 e SA2) em todos os meses, exceto (junho). (Figura 10).

Na análise de nitrito de dezembro/15 a dezembro/16 (Figura 11), no mês de outubro na maioria dos pontos, foram encontrados valores mais altos, porém no mês de agosto, o ponto (CC2) apresentando valor de 0,047 mg.L⁻¹, maior valor encontrado em relação a outros pontos, em outros meses.

Entretanto, todas as análises estão dentro do limite CONAMA 357/05, nitrato 10,0 mg.L⁻¹N, nitrito 1,0 mg.L⁻¹N, Nitrogênio amoniacal total 3,7 mg.L⁻¹N, para pH ≤ 7,5 2,0 mg.L⁻¹N, para 7,5 < pH ≤ 8,0.

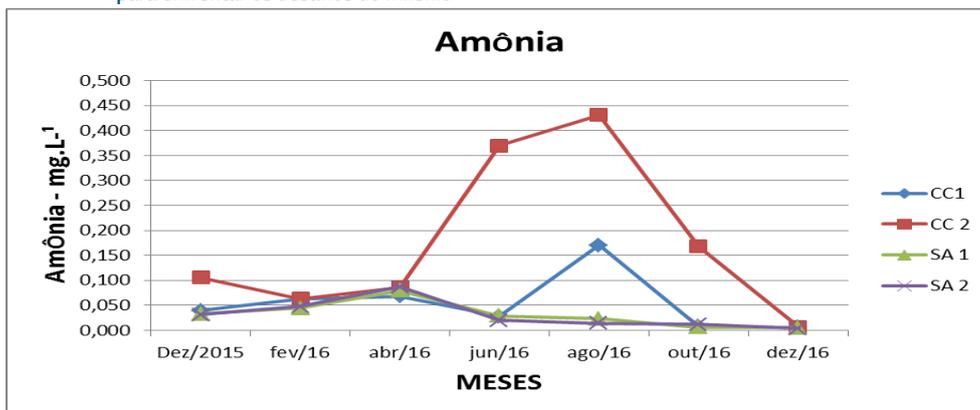


Figura 9: Concentração de amônia nos quatro pontos de monitoramento no Vale do Jequitinhonha no período de Dezembro/2015 a Dezembro/2016.

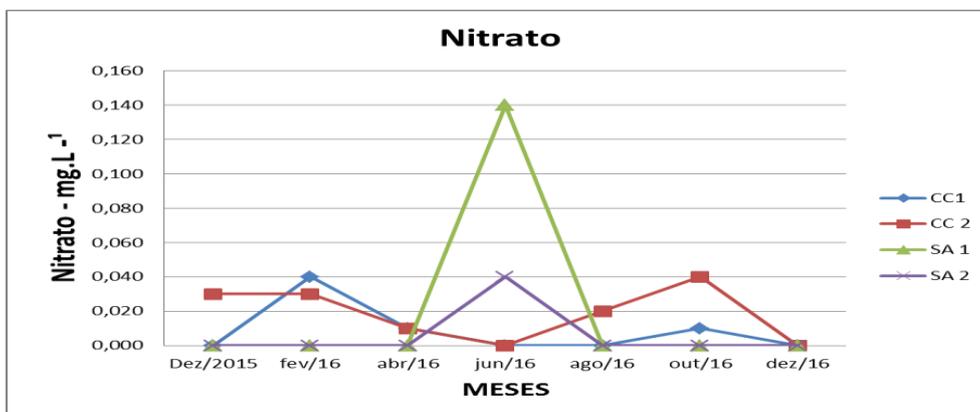


Figura 10: Concentração de nitrato nos quatro pontos das microbacias do Vale do Jequitinhonha no período de Dezembro/2015 a Dezembro/2016.

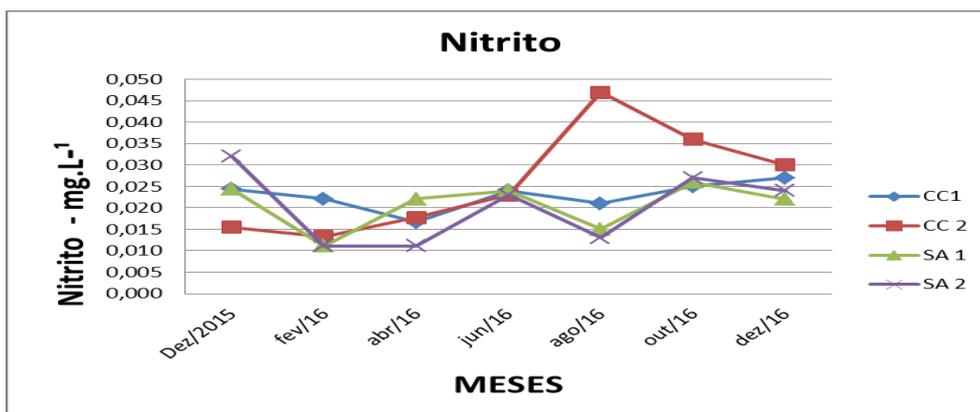


Figura 11: Concentração de nitrito nos quatro pontos das microbacias do Vale do Jequitinhonha no período de Dezembro/2015 a Dezembro/2016.



II Seminário Estadual de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

Tema: Inovação Tecnológica e de Gestão
para enfrentar os desafios do milênio

OUTUBRO 2019
VITÓRIA-ES

CONCLUSÃO

Com a realização do presente trabalho, foi possível identificar que a maioria dos pontos onde estão localizados na parte urbana, sendo (CC1) e (CC2), foram obtidos maiores resultados nas análises realizadas, principalmente em sólidos solúveis totais e notadamente no parâmetro de amônia, no ponto (CC2), sendo um ponto a jusante de CC1, isso justifica que local apresenta maiores áreas de drenagem, ou seja, recebendo sedimentos acarreados de outras áreas, principalmente pela retirada de matas nativas, conseqüentemente afetando o meio hídrico, podendo ocasionar o assoreamento, dentro outras conseqüências, assim, tornando-o de péssima qualidade de água.

A atividade de silvicultura, localizados em outros pontos de coleta, tem a possibilidade de estar influenciando diretamente na qualidade de água nos córregos, É necessário que há um monitoramento constante nesses pontos (SA1 e SA2), pois foi possível estabelecer que os resultados de fósforo, mantiveram-se alto no mês de agosto, em relação aos pontos (CC1 e CC2), e valor nulo no mês de fevereiro, mas não podendo ter uma conclusão definitiva, pois o mesmo apresentou variação em outros meses de análises. Portanto, é necessário que há o monitoramento constante, para estimar os possíveis impactos ambientais, que afetam não só o ambiente externo, mas como o meio hídrico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. RICHELO, L. E. G. e Eng. MULLER, P. H. IPEF. 2005. Disponível em: <<http://www.ipef.br/identificacao/eucalyptus/indicacoes.a.sp>> .Acesso em:16 de ago 2016.
2. BRASIL. Agência Nacional das Águas. Portal da Qualidade das Águas. Brasília, DF, 2016. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/rede-nacional-rede-monitoramento.aspx>> Acesso em: 10 de fevereiro de 2017.
3. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Brasília, DF, 2005.
4. ESTEVES, F. A. Fundamentos de Limnologia. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 28, 72, 85, 86, 151, 203, 204. p.
5. SAID, Rafael. Algumas considerações sobre a monocultura do eucalipto e suas implicações, Minas Gerais, novembro2008.Disponível em:
<<http://www.uff.br/vsinga/trabalhos/Trabalhos%20Completos/Rafael%20Said%20Bhering%20C%20ardoso.pdf> >
. Acesso em: 14 de janeiro 2017.
6. TUNDISI, J. G. Água no século XXI- Enfrentando a escassez. 2 ed. São Carlos. Rima 2003. 248p.
7. SMITH, V. H. & SCHINDLER, D. W. Eutrophication science: where do we go from here? Trends in Ecology and Evolution 24: 201-207. 2009
8. TUNDISI, J. G. Água no século XXI- Enfrentando a escassez. 2 ed. São Carlos. Rima 2003. 248p.

Realização



Patrocínio



Apoio



OS MECANISMOS DE COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA NA BACIA DO RIO JUCU

Carlos Eduardo Pires Ramos⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Faculdade Novo Milênio. CREA: ES-0048140/D

RESUMO

A gestão dos recursos hídricos tem papel fundamental na forma como se lida com a água e na garantia do desenvolvimento sustentável. Esse trabalho tem como objetivo descrever os mecanismos para a implantação da cobrança pelo uso da água na bacia do Rio Jucu. As principais variáveis analisadas foram os coeficientes das equações da cobrança pelo uso da água na bacia do rio Jucu propostos pelo respectivo comitê da bacia hidrográfica. Os resultados demonstram que o CBH Jucu quando implantar a cobrança pelo uso da água, terá potencial de arrecadação. Temos ainda que, caso o usuário outorgue uma vazão menor que a utilizada e faça uso de medidor, terá um valor de cobrança bem abaixo do que será cobrado ao usuário que apenas pague pelo uso outorgado. O CBH Jucu tomou medidas de prevenção definidas nas equações propostas, para que, em caso de crise, possa aumentar o valor da cobrança, visando à redução do consumo. O usuário consuntivo da água pagará um valor maior que o usuário não consuntivo. **Conclusão.** Diante das análises realizadas, concluiu-se que o CBH Jucu já definiu os valores e coeficientes para a execução da cobrança pelo uso da água na bacia, restando por parte do poder público estadual a publicação no Diário Oficial como último passo para exercer a cobrança dos usuários.

PALAVRAS-CHAVE: cobrança pelo uso da água, bacia hidrográfica do rio Jucu, direito ambiental.

INTRODUÇÃO

Com o crescimento populacional ocorrido após a segunda metade do século passado, intensificou-se a atividade produtiva e, conseqüentemente, o aumento do consumo de água. Dentro desse contexto, tem-se a expansão da agricultura, com o desmatamento de grandes áreas de florestas e o aumento da atividade industrial. Essa última, muitas vezes, descarta seus resíduos em leitos de rios de forma indiscriminada, modificando profundamente ecossistemas inteiros. Há ainda o fato de que, para o crescimento agrícola, lançou-se mão do uso indiscriminado de agrotóxicos, acarretando a contaminação de mananciais e provocando a escassez de água em algumas regiões.^[1, 2]

A gestão dos recursos hídricos tem como papel fundamental garantir o desenvolvimento sustentável, no âmbito de procurar satisfazer as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades.^[3] Para a Organização das Nações Unidas (ONU), um dos objetivos do desenvolvimento sustentável é “assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e o saneamento para todos”.^[4]

No Brasil, a lei federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). A PNRH apresentou os seguintes fundamentos: a água é um bem de domínio público; a água é um recurso limitado dotado de valor econômico; em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais; a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas; e a bacia hidrográfica é unidade territorial para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e a atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.^[5]

Para Demoliner^[6], os fundamentos descritos acima estão interligados e condicionados. A água é um bem finito e em acelerado ritmo de escassez, e uma das formas de controlar seu uso foi dotá-la de valor econômico. Em seguida, o uso prioritário da água é para o consumo humano e a dessedentação de animais, ou seja, há uma preocupação na manutenção da vida. Entretanto, a água não serve apenas para a sobrevivência; Demoliner^[6] cita outros usos da água, tais como saneamento básico, irrigação agrícola, insumos para indústria, transporte aquaviário, potencial hidroelétrico entre outros, o que a lei chamou de usos múltiplos das águas.

Semelhantemente, no estado do Espírito Santo, em 17 de março de 2014, foi outorgada a lei estadual nº 10.179,^[7] que passou a apresentar os mesmos fundamentos da lei federal 9.433/1997, dentre outros.

Hoje, no estado do Espírito Santo, apenas na bacia do Rio Doce ocorre a cobrança pelo uso. Trata-se de uma bacia interestadual, de domínio da União, com a montante localizada no estado de Minas Gerais e a jusante no Espírito Santo. Os recursos arrecadados são repassados diretamente para o Instituto Bioatlântica – IBio AGB-Doce, que é a entidade responsável pelo gerenciamento e emprego dos valores arrecadados com a cobrança.^[8,9]

Um bom gerenciamento dos recursos hídricos tem como objetivo manter disponibilidade de água para todos. A gestão sustentável desse recurso é indispensável para assegurar que gerações futuras tenham acesso a uma água de qualidade e em quantidades necessárias ao seu desenvolvimento.

Este artigo tem como objetivo estudar a implantação, na bacia do rio Jucu, da cobrança pelo uso da água como instrumento das políticas nacional e estadual de recursos hídricos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Estudo descritivo sobre a cobrança do uso da água no Brasil e suas possíveis formas de emprego na bacia do rio Jucu.

Foram incluídos dados populacionais e geográficos, disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) dos municípios que compõem a bacia do rio Jucu.

Esta pesquisa não considerou o enquadramento dos corpos de água realizado pelo comitê de bacia hidrográfica do rio Jucu (CBH Jucu).

Essa pesquisa considerou o período de março de 2014, data em que foi sancionada a lei estadual n. 10.179, que instituiu a política estadual de recursos hídricos no estado do Espírito Santo, a outubro de 2017, quando o CBH Jucu divulgou a deliberação n. 06, que propôs os mecanismos, coeficientes e valores da cobrança pelo uso da água na bacia.

O desenvolvimento do trabalho consiste nas seguintes etapas:

A primeira etapa caracterizou sumariamente a bacia do rio Jucu, juntamente com os 6 municípios que a compõem, com base em dados publicados pela Companhia Espírito-Santense de Saneamento (CESAN), Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN), Agência Nacional de Águas (ANA), INCAPER (Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural) e IBGE.

Na segunda etapa, foi descrita parte dos embasamentos legais estudados: lei federal 9.433/1997, lei estadual 10.179/2014 e instrução normativa nº 04 de 21 de junho de 2000 do Ministério do Meio-Ambiente (MMA), bem como as deliberações n. 05/2017 e n. 06/2017, que estabeleceram critérios para a outorga do direito do uso da água e propuseram mecanismos, coeficientes e valores da cobrança na bacia do rio Jucu.

Em resultados e discussão, foram demonstradas as equações de cobrança propostas na deliberação 06/2017 do CHB do rio Jucu.

As principais variáveis analisadas foram os coeficientes das equações de cobrança pelo uso da água na bacia do rio Jucu. Todos os dados foram coletados na web sítios de ANA, IBGE, INCAPER, CESAN e AGERH.

1ª etapa: Caracterização da bacia do rio Jucu

O Estado do Espírito Santo possui, em 2018, uma população estimada de 3.972.399 habitantes.^[10] Grande parte reside na Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV), cujo abastecimento de água é realizado através da captação de duas bacias, a do rio Jucu e a do rio Santa Maria da Vitória.

A bacia do Rio Jucu fica localizada no centro-sul do Espírito Santo e pertence à Macrorregião Hidrográfica Atlântico Sudeste.^[11] O rio nasce na região serrana, no município de Domingos Martins, e sua jusante situa-se em Vila Velha, na Barra do Jucu. Os principais rios que compõem a bacia são: rio Jucu Braço Norte e rio Jucu Braço Sul.^[12] A bacia cobre 6 municípios do estado: Domingos Martins, Marechal Floriano, Viana, Cariacica, Guarapari e Vila Velha, sendo que os 04 últimos municípios integram a RMGV. Sua área de drenagem é de cerca de 2.032 km² e o rio possui um comprimento de, aproximadamente, 166 km. Os municípios a montante e a jusante da bacia são extremamente dependentes das águas do rio Jucu. Os municípios de Domingos Martins, Marechal Floriano, Viana e Vila Velha são abastecidos, segundo a ANA,^[13] exclusivamente, pelas águas do rio Jucu. Seus principais afluentes são os rios Barcelos, Ponte, Melgaço, Chapéu, Galo, Fundo, Jacarandá, Calçado e Claro. Na bacia encontram-se plantações de café, legumes, silvicultura e hortaliças.^[14]

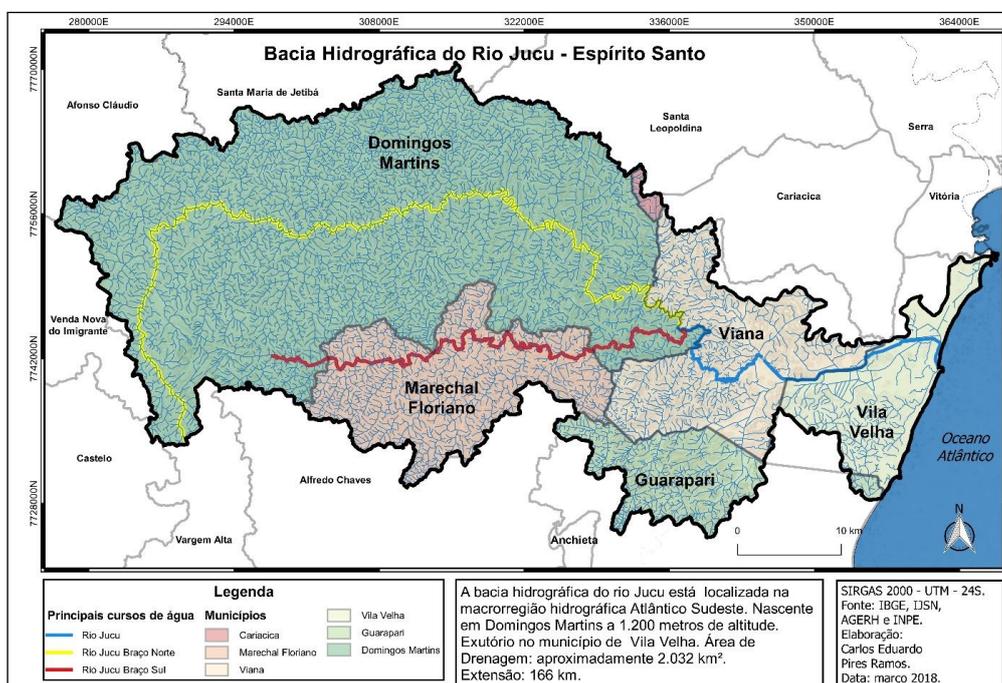


Figura 1 Rede de drenagem da bacia hidrográfica do rio Jucu.



2ª etapa: Embasamento legal

2ª etapa: Embasamento legal

A cobrança pelo uso da água é definida como um instrumento de gestão pertencente à Política Nacional de Recursos Hídricos, com o objetivo de reconhecer a água como recurso dotado de valor econômico, incentivar o seu uso racional e obter recursos para serem utilizados exclusivamente no âmbito da bacia hidrográfica pelo CBH.^[5,7]

A cobrança não é um imposto e os valores são determinados após longos debates públicos no âmbito do CBH. Cabe a este determinar quem pagará e quanto e como será realizada a cobrança. Trata-se de um preço público determinado por resolução e somente delegado por e a entes públicos.^[1]

Para o CBH Jucu, a cobrança pode ser realizada mediante os volumes de água captados que constarem das: (1) outorgas de direito de uso da água; (2) informações declaradas pelos usuários na campanha de regularização de usos na bacia; (3) medições efetuadas pelos próprios usuários outorgados; e (4) apuração, mediante ação de fiscalização.^[15]

O Ministério do Meio-Ambiente, na Instrução Normativa n. 04 de 21 de julho de 2000, definiu a outorga de direito de uso de recursos hídricos como:

“ato administrativo, de autorização mediante o qual o Poder Público outorgante faculta ao outorgado o direito de uso de recurso hídrico, por prazo determinado, nos termos e nas condições expressas no respectivo ato;”^[16]

No Espírito Santo, a Agência Estadual de Recursos Hídricos (AGERH) é responsável pela emissão da outorga.^[17] Esse documento deve atender a todos os critérios estabelecidos pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos.^[18] Há no estado do Espírito Santo três modalidades de outorga: a concessão; a autorização; e a permissão. Há casos específicos de dispensa de outorga, não eximindo a responsabilidade do usuário, considerado insignificante, de cadastramento na AGERH.^[19] Por fim existe a outorga preventiva que tem como objetivo reservar vazão passível de outorga para o planejamento de empreendimentos que necessitem de recursos hídricos.^[20]

A outorga do uso de recursos hídricos constará com a descrição do tipo de uso e a quantidade solicitada. A AGERH disponibiliza, na sua web site, os requerimentos e formulários necessários para dar início ao procedimento legal de requisição da outorga.^[21]

A seguir, serão apresentadas as deliberações n. 05 e n. 06, ambas de 2017, do CBH Jucu, que tratam da outorga e dos mecanismos da cobrança.

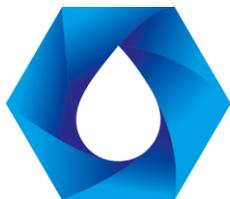
Deliberação CBH Jucu nº 05/2017^[22]

Essa deliberação estabelece os critérios para a outorga de direito de uso dos recursos hídricos superficiais de sua área de abrangência e a adoção da vazão de permanência 90% ou Q₉₀ como referência de disponibilidade hídrica. O quadro a seguir estabelece de forma clara o quantitativo destinado aos usos consuntivos e não consuntivos em três grandes regiões da bacia.

Percentuais outorgáveis da vazão Q₉₀

Unidade de Planejamento (UP)	Percentuais máximos da vazão Q ₉₀ destinados aos usos consuntivos		Percentual Máximo outorgável da vazão Q ₉₀ destinado aos usos não consuntivos (vazão remanescente)
	Percentual máximo outorgável	Percentual máximo destinado aos usos insignificantes	
Alto Jucu, Médio Jucu e Jucu Braço Sul	40% da Q ₉₀	10% da Q ₉₀	60% da Q ₉₀
Formate-Marinho-Costeira	40% da Q ₉₀	10% da Q ₉₀	60% da Q ₉₀
Baixo Jucu	50% da Q ₉₀	10% da Q ₉₀	50% da Q ₉₀

Quadro 1. Comitê da bacia hidrográfica do rio Jucu. Deliberação CBH rio Jucu n. 005/2017



Deliberação CBH Jucu nº 06/2017^[15]

A deliberação 06/2017, divulgada na web site do comitê, propõe os mecanismos, coeficientes e valores de cobrança do uso dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos a serem utilizados no âmbito da bacia do rio Jucu.

Ficam isentos da cobrança aqueles considerados usos insignificantes (art. 2º, deliberação 006/2017), porém, é necessário o cadastramento desses usos na Agência Estadual de Recursos Hídricos (AGERH). A cobrança será realizada anualmente, após a aprovação pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos, AGERH, Comitê da bacia e Secretaria do Estado de Meio Ambiente. Todos os valores arrecadados serão utilizados exclusivamente na bacia.

O artigo 4º demonstra a equação a ser utilizada para a cobrança:

$$VTc = Kgestão \times Kcrise \times [VRcap + VRlan + VRtrans + VRg] \quad (1)$$

Equação 1:

VTc : valor anual total de cobrança pelo uso dos recursos hídricos [R\$/ano]

Kgestão: coeficiente que leva em conta o efetivo retorno à área de atuação do CBH;

Kcrise: coeficiente que permite ajustar os valores diante de situações excepcionais de escassez quali-quantitativa da oferta de dos recursos hídricos;

VRcap: valor anual de cobrança pela captação de água [R\$/ano]

VRlan: valor anual de cobrança pelo lançamento de carga orgânica [R\$/ano]

VRtrans: valor anual de cobrança pela transposição de água [R\$/ano]

VRg: valor anual de cobrança pela geração de energia hidroelétrica em empreendimentos de até 30MWh de potência instalada [R\$/ano].

A priori, o valor de $Kgestão$ será igual a 01, sendo alterado, por deliberação do CHB do rio Jucu, se uma das duas situações seguintes ocorrerem: na Lei de Diretrizes Orçamentárias do Estado do Espírito Santo, para o ano subsequente, não estiverem incluídas as despesas relativas à aplicação das receitas da Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos, dentre aquelas que não serão objeto de limitação de empenho; ou houver reiterado descumprimento do Contrato de Gestão (ou de instrumento similar) celebrado entre a SEAMA/FUNDÁGUA e a entidade à qual foram delegadas as funções de Agência de Bacia por motivo de ilegalidade, improbidade, negligência, imprudência ou imperícia.

Semelhantemente ao valor de $Kgestão$, o valor de $Kcrise$ será igual a 01, podendo ser alterado por deliberação do CHB do rio Jucu, mediante a conjuntura dos recursos hídricos em situações excepcionais de escassez quali-quantitativa da oferta de água.

Há formas específicas para o cálculo de cada VR (valor anual de cobrança), que serão descritas a seguir:

O artigo 5º da deliberação 006/2017 demonstra que o valor anual de cobrança pela captação de água (VR_{cap}) será calculado com base na seguinte equação:

$$VRcap = VOLcap \times PPUcap \times Kclass \times Kuso \quad (2)$$

Equação 2:

VRcap: valor anual de cobrança pela captação de água [R\$]

VOLcap: volume anual de água captado [m³];

PPUcap: preço público unitário de captação superficial e subterrânea. Os valores seguem na tabela 02 [R\$/ m³];

Kclass: coeficiente associado à classe de enquadramento vigente no trecho do manancial onde ocorre a captação. Os valores seguem na tabela 01.

Kuso: coeficiente de ajuste do valor cobrado, relacionado à tipologia de água captada. Os valores seguem na tabela 03.

Caso haja uso real diferente do outorgado e que possua medição do volume, o artigo 6º diz que o VR_{cap} será calculado da seguinte forma:

$$VRcap = VOLmed \times PPUcap \times Kclas \times Kuso + [(VOLout - VOLmed) \times PPUcap \times Kclass \times Kuso \times Kout] \quad (3)$$

Equação 3:

VR_{cap} : valor anual pela captação de água [R\$]

VOL_{med} : Volume anual de água captada medida [m³];

PPU_{cap} : preço público unitário de captação superficial e subterrânea [R\$/ m³]. Os valores para 2018 seguem descritos na tabela 02.

K_{clas} : coeficiente associado à classe de enquadramento vigente no trecho do manancial onde ocorre a captação. Os valores seguem descritos na tabela 01.

K_{uso} : coeficiente de ajuste do valor cobrado, relacionado à tipologia de uso da água captada. Os valores seguem descritos na tabela 03.

VOL_{out} : volume anual outorgado [m³];

K_{out} : coeficiente de ajuste do valor cobrado, relacionado a eventual diferença entre o Volume anual captado medido e o volume anual outorgado. Os valores seguem descritos na tabela 04.



Valores de K_{class}

Tipo de manancial enquadramento	Valor de K_{class}
Superficial – classe especial	2,0
Superficial – classe 1	1,1
Superficial – classe 2	1,0
Superficial – classe 3	0,9
Subterrâneo	2,0

Tabela 1. Valor de K_{class} [adimensional] de acordo com o enquadramento

Valores de K_{out}

$P = (Volmed/Volout) \times 100$	K_{out}
$P \geq 70\%$	0,0
$70\% > P \geq 50\%$	0,10
$50\% > P \geq 30\%$	0,15
$P < 30\%$	0,20

Tabela 4 Valores de K_{out} [adimensional].

Valores dos preços públicos unitários

Tipo de uso	PPU	UNIDADE	Valor em 2018
Captação de água superficial	PPU_{cap}	[R\$/ m ³]	0,038
Captação de água subterrânea		[R\$/ m ³]	0,043
Lançamento de carga orgânica	PPU_{lan}	[R\$/ kg]	0,172
Transposição de água	PPU_{trans}	[R\$/ m ³]	0,057

Tabela 2. Valores estabelecidos para os preços públicos unitários (PPU) de cobrança.

Os valores serão corrigidos anualmente pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo.

Valores de K_{uso}

Tipo de uso	Valor de K_{uso}
Outras atividades agropecuárias	0,25
Demais sistemas de irrigação	0,35
Microaspersão	0,10
Gotejamento	0,05
Piscicultura/aquicultura	0,05
Indústria e agroindústria	1,0
Saneamento	1,0
Outros usos	1,0

Tabela 3. Valores de K_{uso} [adimensional].

Caso haja lançamento de carga orgânica em águas superficiais, o valor anual de cobrança pelo lançamento de carga orgânica e/ou de fósforo (VR_{lan}) será calculado da seguinte forma (art. 7º, deliberação 006/2017):

$$VR_{lan} = (CT_{DBO} \times PP_{ulan} + CT_p \times PP_{ulan}) \times K_{class} \times K_{lan} \quad (4)$$

Equação 4:

VR_{lan} : valor anual de cobrança pelo lançamento de carga orgânica e/ou carga de fósforo [R\$/ano];

CT_{DBO} : carga total anual de $DBO_{5,20}$ lançada [Kg/ano]. Será calculado pelo produto da multiplicação entre as vazões de lançamento declaradas, outorgadas ou medidas, pelas concentrações dos parâmetros e pelo tempo total de lançamento no ano (art 3º § 2º, deliberação 006/2017);

CT_p : carga total anual de fósforo lançada [kg/ano] calculada da mesma forma que o descrito em CT_{DBO} ;

PP_{ulan} : preço público unitários do lançamento de DBO (ou fósforo) [R\$/kg];

K_{class} : coeficiente associado à classe de enquadramento vigente no trecho do manancial onde ocorre a captação. Os valores seguem descritos na tabela 01, exclui o valor de K_{class} enquadramento subterrâneo

K_{lan} : coeficiente de ajuste do valor cobrado, relacionado à tipologia de uso da água para lançamento com fins de diluição. Os valores para K_{lan} seguem descritos na tabela 05.

Valores de K_{lan}

Tipologia de uso	Valor de K_{lan}
Outras Atividades	1,0
Suinocultura	1,0
Piscicultura/Aquicultura	1,0



Indústria e Agroindústria	1,0
Saneamento	1,0

Tabela 5. Valores de K_{lan} [adimensional].

Para a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, $DBO_{5,20}$ pode ser definido como quantidade de oxigênio necessário para transformar a matéria orgânica, através de bactérias, em uma matéria inorgânica estável. Ainda, pode-se considerar a $DBO_{5,20}$ como sendo a quantidade de oxigênio consumido no período de 5 dias na temperatura de 20°C.^[23]

O cálculo do valor anual da cobrança pela transposição de água superficial e subterrânea (VR_{trans}), será feito da seguinte forma:

$$VR_{trans} = VOL_{trans} \times PPU_{trans} \times K_{class} \times K_{trans} \quad (5)$$

Equação 5:

VR_{trans} : valor anual de cobrança pela transposição de água superficial e subterrânea [R\$];

VOL_{trans} : volume anual de água transposta da bacia;

PPU_{trans} : preço público unitário de transposição das águas superficial e subterrânea [R\$/ m³]. Ver tabela 02;

K_{class} : coeficiente associado à classe de enquadramento vigente no trecho do manancial onde ocorre a captação. Os valores seguem descritos na tabela 01;

K_{trans} : coeficiente de ajuste do valor cobrado, relacionado à tipologia de uso da água captada para a transposição. Os valores estão descritos na tabela 06.

Valores de K_{trans}

Tipologia de Uso	Valor de K_{trans}
Abastecimento humano	1,0
Todos os demais	3,0

Tabela 6. Valores de K_{trans} [adimensional].

O valor anual de cobrança pela geração de energia hidroelétrica (VR_g) com até 30MWh de potência instalada (art. 9º, deliberação 006/2017) se dará através da equação 06 descrita a seguir. Esse valor de potência está presente na resolução normativa n. 673/2015 da Agência Nacional de Energia Elétrica, podendo ser consideradas pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) os empreendimentos que tenham potência de produção entre 3.00kW e 30.000kW, com área de reservatório de até 13 km³.^[24] É dado pela seguinte equação:

$$VR_g = EH \times TAR \times Kg \quad (6)$$

Equação 6:

VR_g : valor anual de cobrança pela geração de energia hidroelétrica [R\$];

EH: energia produzida no ano em pauta e efetivamente verificada [MWh];

TAR: tarifa anual de referência, relativa à compensação financeira pela utilização dos recursos hídricos, fixada, anualmente, por resolução da Agência Nacional de Energia Elétrica [R\$/MWh];

K_g : coeficiente de geração de energia. $K_g = 0,0075$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O CBH Jucu, em 2017,^[22] deliberou esses percentuais máximos outorgáveis da vazão Q_{90} (quadro 1). Dividiu-se a bacia do rio Jucu em três unidades de planejamento, cada uma com percentual específico de uso outorgável. Ao analisar esse quadro, verifica-se que até mesmo usos considerados insignificantes foram incluídos com percentuais máximos para usos. Há preocupação com o uso racional da água. Essa restrição de uso é uma forma, segundo a deliberação 05/2017, art. 1º inciso IV, de garantir a manutenção dos sistemas aquáticos, diluição de efluentes e atendimento a outros usos não consuntivos.

Na equação 1 considera-se uma variável a mais a K_{crise} , que é igual a 1, mas podendo ser alterada mediante situações de escassez qualitativa e/ou quantitativa da oferta de água. Há uma referência na manutenção do direito do uso da água. Caso haja alguma crise hídrica, o comitê possui ferramentas econômicas para restringir o uso da água, garantindo a todos o uso racional desse recurso.

A equação n. 2 (CBH Jucu) é destinada para a cobrança pelo uso de água captada. O CBH Jucu considera a captação de água subterrânea de maior valor. Para o CBH Jucu, o valor do coeficiente de classe de enquadramento (K_{class}) de água subterrânea é o mesmo que valor de classe especial (K_{class} igual a 2).

A equação 3 se destina ao cálculo da cobrança, caso o usuário possua medidor de água homologado e se a medição for diferente do outorgado pela agência responsável. O CBH Jucu destina uma tabela (tabela 3) para o



cálculo de K_{uso} , que varia de valores de acordo com o tipo de uso e ainda se tem, na tabela 4, os valores que K_{out} pode assumir de acordo com a razão de Vol_{med} e Vol_{out} .

A equação 4 (CBH Jucu) define a cobrança em caso de lançamento de carga orgânica. O CBH Jucu destinou a variável CT_p para carga de fósforo. Algo que poderia ser revisto por parte desse comitê já que o fósforo, em ambientes aquáticos, na presença de cianobactérias, pode ser transformado por essas em toxinas com efeitos adversos a saúde.^[25] O CBH Jucu inseriu duas variáveis importantes nessa equação: a primeira variável: o K_{class} coeficiente adimensional está associado à classe de enquadramento (tabela 1). Caso haja lançamento de classe especial ou subterrâneo, o outorgado deverá pagar até 100% a mais do que se enquadrado pela classe 2, por exemplo. Segunda variável: a variável K_{lan} está relacionada à tipologia do uso, na tabela 5 o K_{lan} assume valor 1.

A equação 6 (CBH Jucu) refere-se à cobrança quanto ao uso da água para a geração de energia elétrica. No artigo 9º da deliberação especifica-se que o uso dessa equação direciona-se a geração de energia elétrica em aproveitamento hidráulicos com até 30MWh de potência instalada, o que vai ao encontro com a resolução normativa (n.673/2015) da Agência Brasileira de Energia Elétrica (ANEEL) que no art. 2º, diz:

“Serão considerados empreendimentos com características de PCH aqueles empreendimentos destinados à autoprodução ou produção independente de energia elétrica, cuja a potência seja superior a 3.000 Kw e igual ou inferior a 30.000 kW e com área de reservatório de até 13 km³, excluindo a calha do leito regular do rio.”^[26]

CONCLUSÃO

Do exposto, conclui-se que a cobrança pelo uso da água é uns dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos previstos tanto em lei federal como em lei estadual. Não se trata de um imposto, mas sim de um preço público, determinado após reuniões do CBH, pelo uso da água. No que se refere à bacia hidrográfica do rio Jucu, quem definiu o preço público foi o CBH Jucu.

A bacia do rio Jucu é uma importante bacia produtora de água, já que abastece 6 municípios e é responsável pelo abastecimento de 75% da capital Vitória, através da transposição de suas águas.

O CBH Jucu, destinou um coeficiente para o cálculo da carga de fósforo. Fator importante, pois, a bacia do Rio Jucu abrange grandes áreas de atividade agrícola e que o uso indiscriminado de fertilizantes pode contribuir para o aumento da concentração desse elemento na água, tornando ainda mais relevante o controle de seu lançamento nesta bacia.

O objetivo desse texto foi demonstrar como o CBH Jucu instituiu os mecanismos de cobrança. Espera-se que o CBH Jucu, junto com AGERH, publique a deliberação no diário oficial o quanto antes, para que os valores arrecadados possam fazer parte de um importante programa de recuperação desse manancial.

REFERÊNCIAS

- [1] ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Cadernos de capacitação em recursos hídricos: cobrança pelo uso de recursos hídricos**. In: Considerações iniciais. v. 07. Brasília, DF, p 13 – 39, 2014.
- [2] BARROS, M. T. L. Drenagem Urbana: Bases conceituais e planejamento. In: JUNIOR A. P, org. **Saneamento, Saúde e Ambiente – fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. SP: Manole. p. 221 – 266, 2005.
- [3] HAMEL, E. H.; GRUBBA, L. S. Desafios do desenvolvimento sustentável e os recursos naturais hídricos. **Revista brasileira de direito**. v. 12, n. 01, p. 100 – 111, Passo Fundo, RS, jan./jun. 2016. ISSN 2238-0604.
- [4] ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Agenda 2030 Para o Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acesso em 12/07/2017.
- [5] BRASIL. Presidência da República. Lei 9.433 de 08 de jan. 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dez. de 1989. **DOU**. Brasília, DF, 08 de jan. 1997.
- [6] DEMOLINER, KARINE SILVA. **Água e saneamento básico: regimes jurídicos e marcos regulatórios no ordenamento brasileiro**. 1.ed. Porto Alegre: Livraria do Advogado. p. 70 -75, 2008.
- [7] ESPÍRITO SANTO. Governo do Estado do Espírito Santo. Lei 10.179 de 17 mar. 2014. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado do Espírito Santo – SIGERH/ES e dá outras providências. **DO**. Vitória, ES, 17 mar. 2014.
- [8] CBH-DOCE – COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOCE. **Cartilha: Cobrança pelo uso da água na bacia do rio Doce/2011**. Disponível em < <http://www.cbhdoce.org.br/wp->



- content/uploads/2015/01/Cartilha-Cobrança-pelo-uso-da-água-na-bacia-do-rio-Doce.pdf >. Acesso em 23/06/2019
- [9] ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio da União da bacia hidrográfica do rio Doce.** Disponível em <http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/cobrancaarrecadacao/BaciaDoce_Inicial.aspx>. Acesso em 23/06/2019.
- [10] IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação.** Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/es/panorama>>. Acesso em 24/06/2019.
- [11] MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Atlântico sudeste – caderno da região hidrográfica.** In: Caracterização geral da região hidrográfica. Brasília, DF. p. 23 - 30, 2006.
- [12] SANTOS, L. N. S.; SILVA, K. R.; CECÍLIO, R. A. **Caracterização Fisiográfica da bacia do rio Jucu braço norte – ES.** XII Encontro latino americano de iniciação científica. Vale do Paraíba, SP. 2008 p. 01 - 04.
- [13] ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Atlas de abastecimento urbano.** Disponível em <<http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/Home.aspx>>. Acesso em 24/06/2019.
- [14] GUIMARÃES, B. O.; REIS, J. A. T.; MENDONÇA, A. S. F.; AKABASSI, L. Análise probabilística de parâmetros de qualidade da água para suporte ao processo do enquadramento de cursos d'água. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental.** v. 21, n. 4, p. 807 – 815, Rio de Janeiro, Out/Dez. 2016 ISSN 1809-4457.
- [15] COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUCU. Deliberação n. 06 de 30 de outubro de 2017. **Propõe os mecanismos, coeficientes e valores de cobrança pelo uso de recursos hídricos da área de abrangência do Comitê de bacia hidrográfica do rio Jucu (CHH Rio Jucu) e dá outras providências.** Disponível em <<https://agrh.es.gov.br/cbh-jucu>> Acesso em 24/06/2019.
- [16] BRASIL – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Instrução Normativa n. 04 de 21 de jul. 2000. **DOU.** DF, 03 de ago. 2000.
- [17] AGERH – AGÊNCIA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Como solicitar a outorga?** Disponível em <<https://agerh.es.gov.br/como-solicitar-outorga>> Acesso em 24/06/2019.
- [18] ESPÍRITO SANTO – SECRETÁRIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS – SEAMA. Resolução normativa do Conselho Estadual de Recursos Hídrico – CERH n. 005 DE 07 DE JULHO DE 2005. **DO.** ES, 15 de jul. 2005.
- [19] ESPÍRITO SANTO – SECRETÁRIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS – SEAMA. Resolução normativa do Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CERH n. 017 de 13 de março de 2007. **DO.** ES, 21 de mar. 2007.
- [20] AGERH – AGÊNCIA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **O que é outorga.** Disponível em <<https://agerh.es.gov.br/o-que-e-outorga>> Acesso em 24/06/2019.
- [21] AGERH – AGÊNCIA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Requerimentos e formulário de outorga.** Disponível em <<https://agerh.es.gov.br/requerimentos-e-formularios-de-outorga>> Acesso em 20/06/2019.
- [22] COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUCU. Deliberação n. 05 de 24 de março de 2017. **Estabelece critérios para a outorga de direito de uso dos recursos hídricos superficiais de sua área de abrangência.** Disponível em <<https://agerh.es.gov.br/cbh-jucu>> acesso em 20/06/2019.
- [23] SÃO PAULO. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Apêndice E. significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimento e metodologias analíticas e de amostragem.** Disponível em <<http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Ap%C3%AAndice-E-Significado-Ambiental-e-Sanit%C3%A1rio-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-2016.pdf>> acesso em 24/06/2019. Pg 14.
- [24] BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Resolução normativa n. 673 de 04 de agosto de 2015. Estabelece os requisitos e procedimentos para a obtenção de outorga de autorização para exploração de aproveitamento de potencial hidráulico com características de Pequena Centra Hidrelétrica – PCH. **DOU.** DF, 31/08/2015.
- [25] BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução n. 357 de 17 de março de 2005.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>> Acesso em 24/06/2019.
- [26] BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa n. 673 de 04 de ago. 2015. **DOU,** DF, 31 ago. 2015.



**IV – PANORAMA AMBIENTAL DO SISTEMA LAGUNAR DE MARICÁ – RJ A PARTIR
DA AVALIAÇÃO DE INDICADORES DE SANEAMENTO E ÍNDICES DE QUALIDADE DE
ÁGUA**

Luane Marques Toledo⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Pós-graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).

Fernanda Carvalho M. Wall

Engenheira Civil pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Pós-graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).

Marcelo Obraczka, DSc

Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).

Endereço⁽¹⁾: Rua Mululo Gomes Vieira, lote 10, quadra 08 - Itapeba - Maricá - RJ - CEP: 24912-355 - Brasil - Tel: +55 (21) 97939-3535 - e-mail: luanemrqs@gmail.com

RESUMO

Um sistema de saneamento básico deficiente pode gerar inúmeras consequências nocivas à sociedade e ao meio ambiente. Dentre elas destacam-se os riscos à saúde pública e a poluição dos corpos hídricos. Medidas de mitigação desses problemas se fazem, portanto necessárias, preferencialmente baseadas em ações de planejamento e gestão, entre elas um maior conhecimento do problema e da análise criteriosa de propostas para sua solução. Este trabalho tem como objetivo apresentar um panorama ambiental do Sistema Lagunar de Maricá-RJ com base em índices de qualidade de água e indicadores de saneamento disponíveis nos bancos do SNIS e do INEA. Para uma percepção mais abrangente do estudo, realizou-se complementarmente uma comparação de alguns índices referentes ao Sistema Lagunar de Maricá com os do Sistema Lagunar de Saquarema, corpo hídrico esse que apresenta características semelhantes ao primeiro. Entre os resultados do presente estudo constatou-se que há uma relação entre as condições do sistema de saneamento básico da bacia em estudo e a qualidade das águas do Sistema Lagunar de Maricá, indicando que uma das principais condições para a revitalização desse sistema é uma maior abrangência e qualidade dos serviços de saneamento básico oferecidos a população ao seu entorno. Foram levantadas e avaliadas algumas alternativas para a melhoria da qualidade das águas do sistema lagunar, entre as quais se destaca a adoção de um sistema de captação de esgoto em tempo seco.

PALAVRAS-CHAVE: Lagoa de Maricá, Panorama Ambiental, Indicadores, Qualidade de Água, Captação de tempo seco.

INTRODUÇÃO

Os corpos hídricos costumam ser afetados pela ação humana, em especial devido ao lançamento de esgotos em suas águas. Essa carga poluidora pode ser responsável por inúmeros problemas ambientais, e pela propagação de doenças de veiculação hídrica, afetando diretamente a saúde da população (VON SPERLING, 2005).

O Sistema Lagunar de Maricá compreende uma área de aproximadamente 330 km² (SEMADS, 2001), sendo assim um dos maiores sistemas lagunares do Estado. Esse sistema de lagoas costeiras tem sofrido os problemas relacionados à poluição em suas águas, as quais apresentam valores baixos de Índice de Qualidade de Águas (IQA), que é o principal índice de monitoramento das águas superficiais no país. (ANA, s.d.).



II Seminário Nacional de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

Tema: Inovação Tecnológica e de Gestão
para enfrentar os desafios do milênio

17,18 e 19 | OUTUBRO 2019
8h às 18h
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES
VITÓRIA-ES

A característica geográfica da região e sua proximidade com a capital do Estado e grandes pólos comerciais e industriais, proporcionam inúmeras oportunidades de investimento, de modo a resultar na degradação do ambiente, caso não sejam tomadas medidas e ações de preservação da região (INEA, 2018).

Não somente as atividades econômicas existentes no município influenciam diretamente nas características do sistema lagunar, os dejetos gerados pela população também têm sua participação na degradação das lagoas e o crescimento populacional acelerado do município – taxa anual de 5,21% entre os anos de 2000 a 2010, comparados a uma taxa brasileira de 1,17% na mesma época (ATLAS BRASIL, 2013).

Com objetivo de melhorar as condições da saúde da população, bem como revitalizar os próprios rios e lagoas, deve ser aplicado um conjunto de soluções, como a implantação de medidas de Saneamento Básico na região.

Assim, a mortalidade relacionada a má nutrição e doenças de veiculação hídrica diminui especialmente entre crianças de até cinco anos de idade. Os ganhos em qualidade de vida também incluem uma melhora na presença escolar, maior segurança (especialmente para crianças, mulheres e idosos) e “um maior senso de dignidade para todos” (NAÇÕES UNIDAS, 2014). De acordo com os indicadores de doenças relacionadas ao saneamento ambiental - DRSAI, atualmente o município de Maricá apresenta uma taxa de internações de 14,68% (ABES, 2018).

O complexo lagunar de Maricá é o principal atrativo dessa região, visto que boa parte do turismo local se dá em função das condições ambientais, cênicas e paisagísticas proporcionadas pelo conjunto composto por esses corpos hídricos e pelas praias do município. Um exemplo disso é o grande número de empreendimentos, como condomínios, hotéis e pousadas que se desenvolveram na região. No entanto, a partir da piora das qualidades ambientais da Lagoa, há uma tendência de desvalorização da região e muitos empreendimentos acabaram por não sair do papel.

OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo geral avaliar se há uma correlação entre o sistema de saneamento básico local e a degradação das águas da bacia hidrográfica do Sistema Lagunar de Maricá através da análise de indicadores de qualidade de água e de saneamento.

Com objetivos específicos de avaliar o cenário do Sistema Lagunar com base nos indicadores apresentados e de comparar com um sistema lagunar vizinho com características semelhantes.

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia adotada se baseou em um levantamento inicial de referências bibliográficas, estudos e legislações pertinentes relacionados ao tema e ao estudo em questão, a fim de se criar uma base de dados para a futura avaliação dos dados a serem coletados.

Em uma 2ª etapa, foram definidos quais os índices e indicadores a serem empregados na análise, em função da disponibilidade dessas informações em bancos dados oficiais como o SNIS e o INEA.

Foram adotados os indicadores de saneamento taxa de coleta de esgoto, taxa de atendimento urbano de água, consumo médio per capita de água, e os valores do Índice de Qualidade de Água (IQA) como indicador para qualidade das águas.

A fim de poder oferecer um estudo mais abrangente, foi pesquisado e definido um sistema de lagoas com características similares as de Maricá para viabilizar uma comparação, sendo escolhido para tal um sistema lagunar vizinho, na cidade de Saquarema para, posteriormente, serem avaliados e comparados os índices e indicadores selecionados de forma direta. E então, com base nos resultados, foi possível inferir as principais causas dos problemas identificados relacionados a poluição das águas do sistema lagunar de Maricá.

Realização



Patrocínio



Apoio





Em uma última fase do trabalho, foram então levantadas alternativas para solução e/ou mitigação desses problemas, inclusive sendo sugeridas algumas intervenções emergenciais baseadas em sistemas de captação de tempo seco.

RESULTADOS

Segundo a ANA (2017), o Município de Maricá apresenta valores ínfimos para os índices relacionados à coleta e tratamento de esgoto, apresentando para coleta sem tratamento um índice de 15% e a coleta com tratamento, aproximadamente, 2%. Aproximadamente 52% equivale-se ao uso de fossa séptica. Ou seja, praticamente metade do esgoto que é gerado no município possui uma destinação inadequada.

Já segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2016) Maricá apresenta um índice de coleta de esgoto sanitário de 16,86%, e um índice de 34,65% de tratamento de esgoto coletado, valores distintos aos apresentados pela ANA, que pode ser explicado devido a diferente forma de obtenção dos dados.

De tal forma, pode ser verificado que o município necessita de uma solução emergencial e abrangente para que se evite o lançamento do esgoto in natura nos corpos hídricos do município, visto que a carência de um sistema de distribuição de água e de esgotamento sanitário adequados leva a população à adoção de vias alternativas como, por exemplo, o despejo de esgotos nos sistemas de drenagem e nos corpos hídricos, que deságuam nas lagoas.

Para melhor entendimento deste cenário, a Figura 1 apresenta a evolução da abrangência na prestação dos serviços de saneamento, em relação a população atendida, no período de 2010 a 2016, para o município de Maricá.

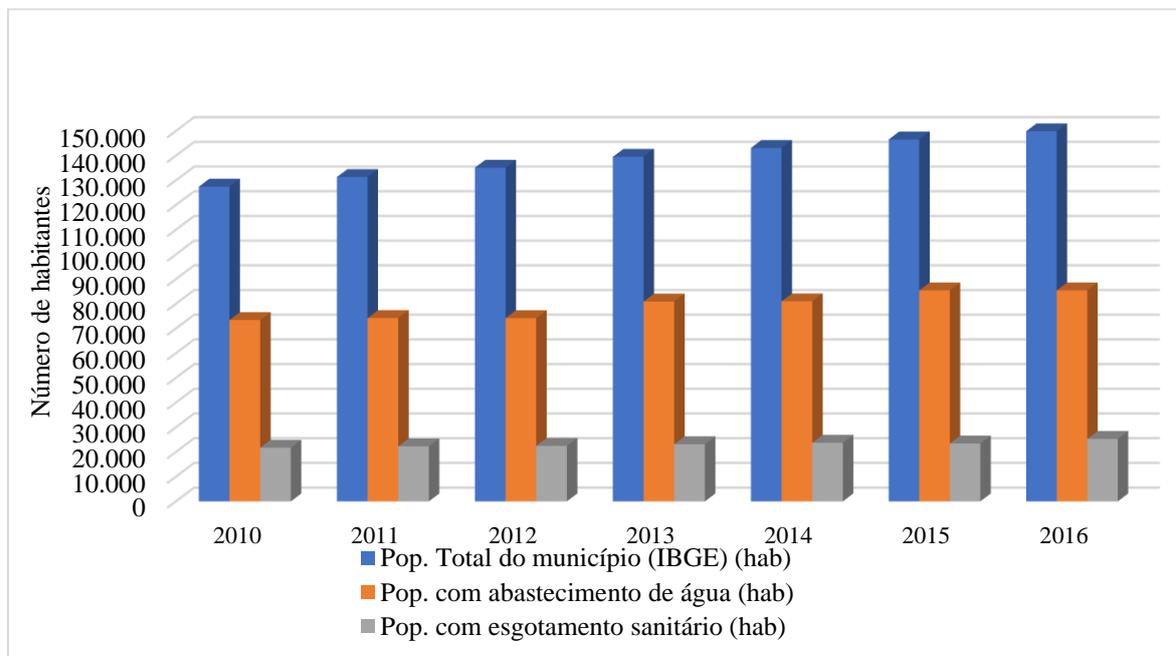


Figura 1 – População total e população atendida por redes gerais de abastecimento e esgotamento para o município de Maricá no Estado do Rio de Janeiro

De forma a melhor embasar o desenvolvimento do presente trabalho, a metodologia adotada prevê uma comparação entre os indicadores obtidos para o caso em estudo “Sistema Lagunar de Maricá” e um outro corpo hídrico de características similares.



Após uma pesquisa minuciosa entre os corpos hídricos localizados no Estado do Rio de Janeiro, adotou-se o Sistema Lagunar de Saquarema, para servir como contraponto à presente avaliação. Tal opção se deve a existência de diversas semelhanças entre ambas as regiões/municípios em questão.

De acordo com a tabela 1, o índice de atendimento urbano de água para Maricá não apresenta alterações durante o período estudado, mantendo em cerca de 60% da população total com acesso ao abastecimento. Já para Saquarema, apesar da pequena variação, o mesmo índice alcança para o ano de 2016 uma abrangência de, aproximadamente, 97% da população.

Em relação ao serviço de coleta de esgoto, o município de Maricá apresenta uma grande deficiência no serviço, apresentando um índice de aproximadamente 17% para o ano de 2016, muito inferior à média brasileira de 61% (ANA, 2017).

Por outro lado, o mesmo índice de atendimento ao esgotamento sanitário para o Município de Saquarema apresentou um crescimento considerável até o ano de 2012, decorrente de possíveis investimentos. Todavia, houve uma diminuição repentina na taxa da população atendida com esgotamento sanitário a partir de 2013 (SNIS, 2016). Isso pode ser dado ao fato de que os dados dispostos pelo SNIS são informados pela concessionária que fornece o serviço, no caso, Águas de Juturnaíba, e tal método de obtenção de dados pode ser passível de erros.

Contudo, embora o índice da população atendida por serviços de esgotamento em Saquarema tenha decaído, se mantendo constante em, aproximadamente, 60%, ainda é muito superior à situação demonstrada por Maricá e mais condizente à média nacional.

Já em relação ao índice de esgoto tratado em Maricá verifica-se uma redução a partir do ano de 2014, chegando assim a apenas 35% de tratamento do que se é coletado, como já mencionado (SNIS, 2016). Novamente, inferior à média nacional de 43% (ANA, 2017). Em contrapartida, o município de Saquarema apresenta um índice de 100% de tratamento de esgoto, porcentagem superior ao que se encontra no restante do país.

Tabela 1 – Comparativo dos Indicadores de Saneamento dos municípios de Maricá e Saquarema

	Indicadores de Saneamento													
	Maricá	Saquarema	Maricá	Saquarema	Maricá	Saquarema	Maricá	Saquarema	Maricá	Saquarema	Maricá	Saquarema	Maricá	Saquarema
	2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016	
Coleta de esgoto (%)	17,04	69,3	16,97	82,83	16,64	90,03	16,58	59,53	16,58	53,3	16	56,62	16,86	55,94
Tratamento de esgoto (%)**	66,57	–	66,57	100	68,28	100	68,32	100	34,47	100	34,12	100	34,65	100
Atendimento urbano de água (%)	57,6	94	56,5	100	54,9	93,9	58	94	56,6	94,4	58,3	95,6	57	97,3
Consumo médio per capita de água (l/hab./dia)	214,4	52,2	153,3	49,5	156	51,9	150	57,3	143,9	71,8	140	107,5	129,5	110,3



De modo a se obter uma correlação do panorama de saneamento básico de Maricá com as interferências no sistema lagunar do município, buscou-se um entendimento dos parâmetros relacionados ao índice de qualidade das águas que deságuam no sistema lagunar, de forma a compreender as alterações geradas em suas condições físicas e biológicas.

Tais parâmetros são expressos em um único índice: o IQA, que é o principal instrumento utilizado no Estado do Rio de Janeiro para avaliação da qualidade das águas, esses parâmetros remetem, em sua maioria, à contaminação promovida pelo lançamento de esgotos domésticos e cargas orgânicas industriais nos corpos d'água (CETESB, 2003). Porém, segundo a CETESB e a ANA, o cálculo do IQA apresenta limitações, visto que um número significativo de poluentes provenientes, principalmente, de atividades agrícolas e industriais, como metais pesados, pesticidas e compostos orgânicos, não são considerados no cálculo do IQA.

Tabela 2 – Faixa de valores do IQA e respectiva avaliação

Faixa de IQA	Avaliação da qualidade da água
91 - 100	Ótima
71 - 90	Boa
51 - 70	Razoável
26 - 50	Ruim
0 - 25	Péssima

Para um acompanhamento da qualidade das águas interiores, o INEA faz uso de pontos de monitoramento onde as amostras foram coletadas, os quais estão apresentados nas Figuras 2 e 3.

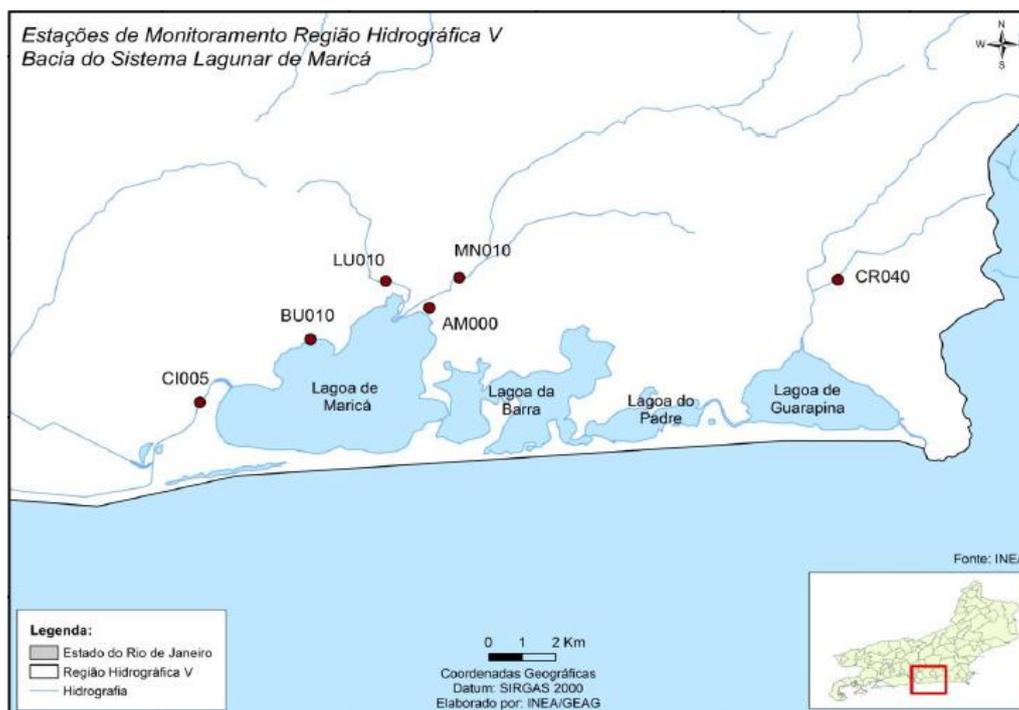


Figura 2 – Estações de Monitoramento do INEA da Bacia Hidrográfica do Sistema Lagunar de Maricá

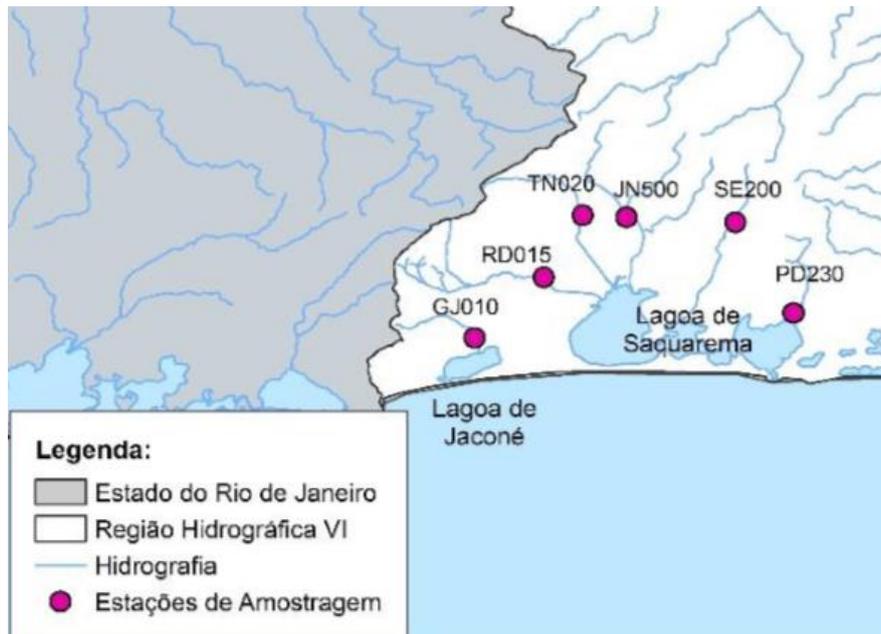


Figura 3 – Estações de Monitoramento da Bacia Hidrográfica do Sistema Lagunar de Saquarema

As figuras 4 e 5 retratam os valores obtidos do IQA no período de 2014 até 2017, para os municípios de Maricá e Saquarema respectivamente.

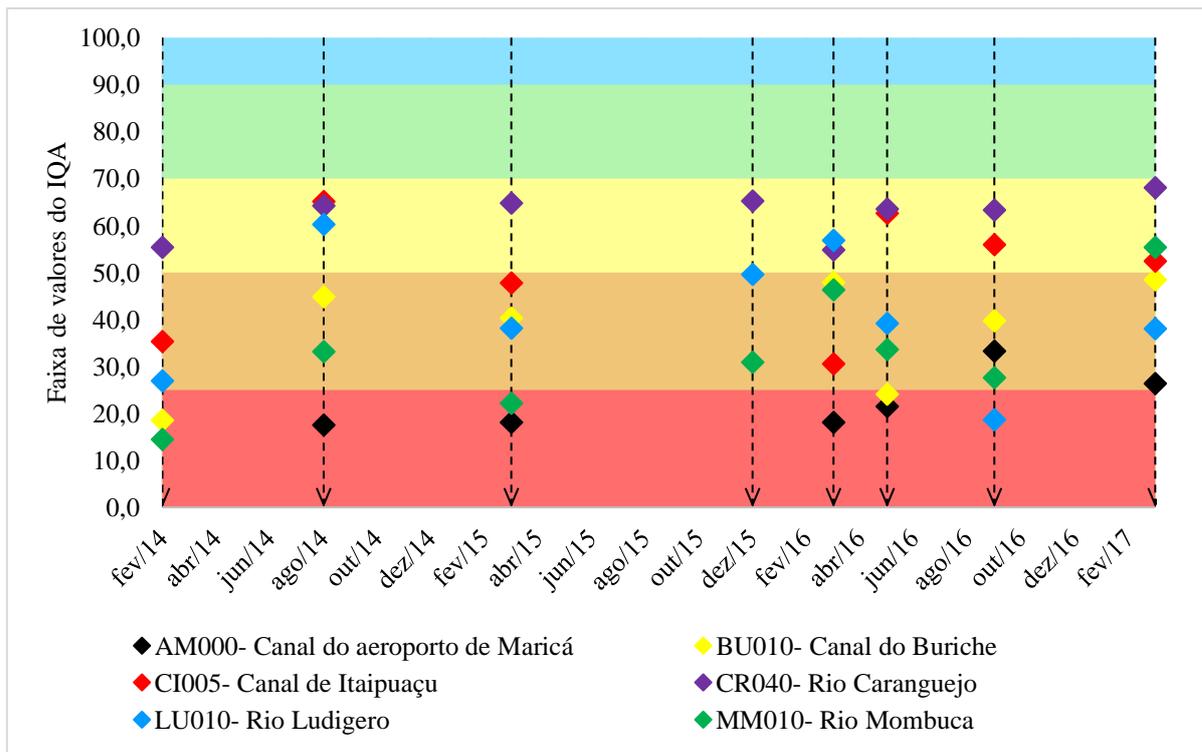


Figura 4 – Panorama do IQA no Sistema Lagunar de Maricá segundo o INEA (2014 até 2017)



Pela disposição dos valores do IQA (Figura 4), pode-se observar que este índice apresentou variações de qualidade “péssima” à “razoável” para o Sistema Lagunar de Maricá. O Canal do aeroporto de Maricá foi o que apresentou piores resultados, fato que pode ser explicado pela sua localização na região central do município e próximo a uma das Estações de Tratamento de Esgoto do Município, a ETE de Araçatiba.

Em contrapartida, o Rio Caranguejo foi o que apontou os melhores resultados, devido a sua aproximação ao Canal de Ponta Negra, canal que favorece a troca de água com o mar, e a menor ocupação urbana marginal.

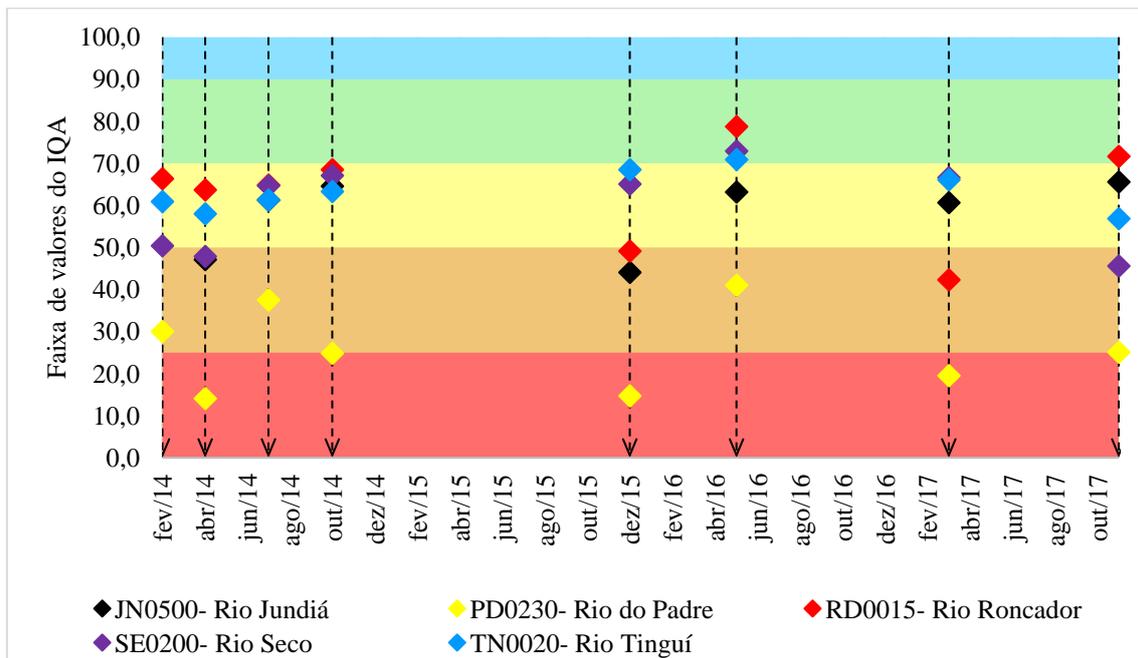


Figura 5 – Panorama do IQA no Sistema Lagunar de Saquarema segundo o INEA (2014 até 2017)

Na Figura 5 observa-se que este índice apresentou variações de qualidade “péssima” à “bom” para o Sistema Lagunar de Saquarema, o qual demonstra 3 (três) resultados bons para 3 (três) corpos hídricos distintos, e resultados péssimos apenas para 1 (um) dos 5 (cinco) em análise, o Rio do Padre.

Constata-se que os valores do IQA dos rios que deságuam no Sistema Lagunar de Saquarema são superiores aos valores apresentados do IQA para os rios e canais que deságuam no Sistema Lagunar de Maricá, em todos os anos analisados.

Os indicadores e índices de saneamento relacionados ao atendimento urbano de água e coleta e tratamento de esgoto demonstram a baixa abrangência desses serviços no município de Maricá no período estudado. O abastecimento restrito e intermitente, e a reduzida cobertura aliada à ineficácia das estações de tratamento de esgoto existentes ensejam as condições atuais nas quais os efluentes sanitários são despejados nos corpos d’água.

Tais fatos afetam diretamente o sistema lagunar maricaense, que sofre com lançamentos de esgoto in natura diretamente em seus rios e canais, assim como nas lagoas. Essa conjuntura pôde ser comprovada a partir da análise dos índices de qualidade da água, pelo monitoramento nos rios e canais que deságuam no Sistema Lagunar de Maricá.



II Seminário Nacional de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

Tema: Inovação Tecnológica e de Gestão
para enfrentar os desafios do milênio

17,18 e 19 | OUTUBRO 2019
8h às 18h
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES
VITÓRIA-ES

CONCLUSÕES

Ao se comparar as condições de saneamento e os índices de qualidade de água dos corpos hídricos do Sistema Lagunar de Maricá com aqueles referentes ao Sistema Lagunar de Saquarema, foi possível constatar diferenças relevantes. No caso de Saquarema, os índices de saneamento mais elevados constatados contribuíram para melhores IQA's nos corpos hídricos locais, que apresentaram índices considerados bons em 3 (três) distintas estações no ano de 2016, bem como valores similares nos anos próximos, com exceção do Rio do Padre. Dessa forma, foi possível perceber a influência positiva que um sistema de saneamento adequado pode exercer nos corpos hídricos locais.

Para que haja uma mudança na conjuntura apresentada para o Sistema Lagunar de Maricá, é de extrema importância tratar não somente o efeito gerado nas lagoas, mas a causa de tais complicações.

Considera-se que para que a revitalização ambiental do Sistema Lagunar de Maricá seja possível e essencial que haja maior investimento no setor de saneamento básico do município. Tal ação inclui tanto uma maior abrangência do sistema de abastecimento de água como, principalmente, a ampliação da cobertura da rede coletora de esgoto. Deve-se atentar para a necessidade de tratamento e disposição final dos esgotos coletados, de modo a atender os limites exigidos pelas legislações de forma a reduzir as cargas poluidoras (incluindo de nutrientes) afluentes ao sistema lagunar.

Entretanto, a implantação de um serviço adequado de saneamento tende a ser onerosa e demorada, portanto, existe a necessidade da implementação de soluções temporárias com resultados de curto prazo. Assim, paralelamente, sugere-se a implantação de um sistema de captação de tempo seco. Tal solução paliativa apresentou resultados positivos em sistemas lagunares semelhantes ao maricaense, como o de Saquarema e o de Araruama, portanto a implantação nos mesmos moldes é recomendada, priorizando os corpos hídricos que apresentam os piores índices de qualidade.

Entre outras recomendações, sugere-se o aprofundamento dos estudos incluindo a análise dos parâmetros de qualidade que integram o IQA, bem como uma frequência mensal de coleta de amostras, com a finalidade de avaliar aspectos da sazonalidade, períodos prolongados de estiagens e o período de chuvas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Indicadores de qualidade das águas. Disponível em <<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>. Acesso em: 30/06/2018.
2. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Atlas Água e Esgotos, 2017.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Ranking ABES da universalização do saneamento, 2018.
4. ATLAS BRASIL. Disponível em <<http://atlasbrasil.org.br>>. Acesso em 15/06/2018.
5. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Índice de Qualidade de Águas. Disponível em <<http://cetesb.sp.gov.br/?s=iqa>>. Acesso em: 15/07/2018.
6. INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE. Disponível em <<http://www.inea.rj.gov.br/>>. Acesso em 15/04/2018.
7. SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Bacias Hidrográficas e Rios Fluminenses. Rio de Janeiro, 2001.
8. SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE O SANEAMENTO. Reúne dados sobre saneamento nacional. Disponível em <<http://www.snis.gov.br/>>. Acesso em: 21/06/2018.
9. UNITED NATION NEWS. Every dollar invested in water, sanitation brings four - fold return in costs - UN. Disponível em <<https://news.un.org/en/story/2014/11/484032-every-dollar-invested-water-sanitation-brings-four-fold-return-costs-un#.VG4ZJXW9-ze>>. Acesso em: 10/06/2018.
10. VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3. ed. Minas Gerais: UFMG, 2005.

Realização



Patrocínio



Apoio



fluxo



**III-005 - PROPOSTA DE JOGO EDUCACIONAL DO TIPO QUIZ SOBRE
SUSTENTABILIDADE E RESÍDUOS SÓLIDOS**

Isabella Maria de Castro Filogônio

Engenheira Sanitarista e Ambiental e mestranda em Tecnologias Sustentáveis, ambos pelo Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes – Campus Vitória).

Juliana Glicerio Dazzi

Engenheira Sanitarista e Ambiental e mestranda em Tecnologias Sustentáveis, ambos pelo Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes – Campus Vitória).

Lorena Conceição Rodrigues da Silva

Licenciada em Química (Ifes – campus Aracruz), Especialista em Vigilância Sanitária (Emescam) e mestranda em Tecnologias Sustentáveis (Ifes – Campus Vitória).

Jacqueline R. Bringhenti

Engenheira civil e sanitarista, Mestre e Doutora em Saúde Pública pela USP, Professora do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental e do Programa de Pós-graduação em Tecnologias Sustentáveis, Ifes, Campus Vitória.

Adriana Marcia Nicolau Korres

Bióloga, Doutora em Biotecnologia pela Rede Nordeste de Biotecnologia, Professora do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental do Programa de Pós-graduação em Tecnologias Sustentáveis, Ifes, Campus Vitória.

Endereço: Av. Vitória, 1729 - Jucutuquara, Vitória - ES, CEP: 29040-780 - Brasil - Tel: (27) 99269-5284 - e-mail: isabella_mcf@hotmail.com.

RESUMO

Os impactos ambientais causados pelo homem sobre o meio ambiente são cada vez mais visíveis e em contrapartida a busca por soluções sustentáveis se torna também mais presente em nosso cotidiano. Considerando essa situação, o presente trabalho apresenta um modelo de *quiz* sobre sustentabilidade e resíduos sólidos, com a finalidade de proporcionar reflexões sobre comportamentos sustentáveis, auxiliando no processo de educação ambiental em ambientes escolares. O *quiz* foi aplicado durante as atividades comemorativas do Dia do Meio Ambiente no campus de uma instituição federal de ensino, realizadas em 7 de junho de 2019, a três alunos do Ensino Médio de uma escola pública estadual de Vitória – ES, como um pré-teste. Posteriormente, o mesmo foi elaborado na plataforma Efuturo e disponibilizado em meio online, possibilitando a participação de um público maior. De maneira geral, os voluntários se mostraram motivados e, juntamente com os autores, consideram que o *quiz* foi válido ao aprendizado das questões ambientais em ambientes escolares. Os temas aplicados no quiz englobam conceitos e ações de sustentabilidade; conferências de sustentabilidade; objetivos de Desenvolvimento Sustentável e gestão e gerenciamento de resíduos.

PALAVRAS-CHAVE: Educação Ambiental, Sustentabilidade, Jogos Educacionais, Resíduos Sólidos.

INTRODUÇÃO

A reflexão sobre as práticas sociais sustentáveis, em um contexto marcado pela degradação permanente do meio ambiente, envolve necessária articulação dos diferentes setores da sociedade juntamente com



II Seminário Nacional de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

Tema: Inovação Tecnológica e de Gestão
para enfrentar os desafios do milênio

17,18 e 19 | OUTUBRO 2019
8h às 18h
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES
VITÓRIA-ES

práticas de educação ambiental. Nesse sentido, a produção de conhecimento deve contemplar as inter-relações do meio natural com o social, incluindo a análise dos determinantes do processo, o papel dos diversos atores envolvidos e as formas de organização social que aumentam o poder das ações alternativas de um novo desenvolvimento, numa perspectiva que priorize novo perfil de desenvolvimento, com ênfase na sustentabilidade socioambiental (JACOBI, 2013).

Tomando-se como referência o fato de a maior parte da população brasileira viver em cidades, observa-se uma crescente degradação das condições de vida, com a produção exacerbada de resíduos sólidos, degradação dos solos, cursos d'água e atmosfera, dentre outras ações não sustentáveis por parte da população, principalmente nos centros urbanos, refletindo uma crise ambiental. Isto nos remete a uma necessária reflexão sobre os desafios para mudar as formas de pensar e agir em torno da questão ambiental, sustentabilidade e a produção de resíduos numa perspectiva contemporânea (JACOBI, 2013).

Dentre as alternativas metodológicas propostas para a reflexão sobre os desafios atuais relacionados às problemáticas ambientais, os jogos motivam e estimulam a compreensão, desenvolvendo o raciocínio lógico e auxiliando na formação do conhecimento almejado (SILVA; BARBOSA; MORAIS, 2011).

Manter o ambiente de ensino e aprendizagem interessante e motivador é um desafio nos dias atuais. Nos últimos anos, os jogos educativos têm se tornado cada vez mais presentes nos ambientes educacionais, fornecendo importante contribuição na aprendizagem. De fato, um jogo educativo estimula a atenção dos participantes, ao mesmo tempo em que os motiva através de atividades de competição e cooperação (CALISTO; SILVA, 2010).

Dentre os jogos educativos, têm-se os *quiz* que são conhecidos mundialmente. *Quiz* é uma palavra de origem anglo-saxônica e é o nome dado a um jogo no qual os jogadores, individualmente ou em equipes, tentam responder corretamente às questões que lhes são colocadas. A palavra também é utilizada como sinônimo de teste informal para a avaliação de aquisição de conhecimentos ou capacidades em ambientes de aprendizagem (XAVIER, 2010).

Diferente de um simples questionário, os *quiz* peculiarizam-se pela informalidade, objetividade, foco e simplicidade, no que tange ao tratamento e abordagem das questões apresentadas aos participantes. Além disso, apresentam a capacidade lúdica de tratar de forma educativa e intuitiva, questões de cunho científico ou de importância pública (XAVIER, 2010).

Para aprender é necessário existir uma motivação, que surge a partir de uma necessidade. Muitas vezes esta necessidade surge pelo contexto social do aprendiz, visto que aprender passa a ser uma mudança de atitude. Assim sendo, a contextualização na educação ambiental traz um sentido real à necessidade de saber mais do tema produzindo um interesse pessoal (ALMEIDA, 2005).

Em um mundo cada vez mais globalizado utilizar as Tecnologias da Informação e Comunicação é uma maneira de integrar no plano de aula, algo cotidiano que é o uso das tecnologias, vivenciado constantemente pelos educandos ao mesmo tempo que possibilita a criação de dinâmicas inovadoras, permitindo a mediatização no processo de ensino e aprendizagem, podem alcançar maior motivação por parte do educando, quando provoca desafios, com objetivo da mudança de atitude através da sensibilização e o despertar da consciência sustentável (SOARES-LEITE et al.; 2012).

Portanto, a educação ambiental necessita de materiais didáticos que auxiliem os educadores em suas atuações. Além disso, concentra-se em torno dos problemas presentes, verificando conhecimentos previamente adquiridos, possibilitando selecionar e processar dados a fim de se obter e confirmar resultados e se gerar impacto (THIOLENT, 1984).

Diante da degradação ambiental dos dias atuais, aliada à necessidade do incentivo de práticas sustentáveis, o objetivo deste trabalho foi propor um protótipo de *quiz* relacionado à sustentabilidade e

Realização



Patrocínio



Apoio





resíduos sólidos. A finalidade desta proposta está relacionada com a percepção de conhecimentos prévios em relação a esses temas, bem como motivar os participantes em relação à importância das práticas sustentáveis em nosso cotidiano para a minimização dos impactos ao meio ambiente.

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia de pesquisa-ação adotada neste trabalho divide-se em três etapas principais: desenvolvimento do jogo, aplicação e constatação de impacto do mesmo.

A primeira etapa aborda o desenvolvimento do *quiz* seguindo a proposta de jogos educacionais de Battistella (2015) adaptado. Durante sua elaboração foram considerados aspectos como competição, interação, entretenimento e diversão. O jogo intitulado “*Quiz da Sustentabilidade e Resíduos Sólidos*” compreende 10 perguntas, com 4 alternativas cada, divididas em 3 grandes áreas de conhecimento:

- Conceitos e ações de sustentabilidade
- Conferências de sustentabilidade e Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
- Gestão e gerenciamento de resíduos

Caso houvesse empate entre os jogadores, foram desenvolvidas 5 questões extras para ao final apenas haver um vencedor.

A segunda etapa ocorreu com a aplicação do *quiz* a discentes de uma escola pública estadual de nível médio do município de Vitória, Espírito Santo. Assim, foi realizado um pré-teste do jogo durante as atividades comemorativas do Dia do Meio Ambiente no campus de uma instituição federal de ensino do mesmo município. A escola estadual foi previamente visitada como parte de um projeto maior de extensão e os estudantes e professores foram convidados para o evento. Os voluntários foram instruídos sobre as regras e a dinâmica do jogo educativo, bem como que aquele que obtivesse o maior número de acertos seria o campeão.

A fim de facilitar a interação entre os participantes e os ministrantes do *quiz*, bem como motivar a competição, foram elaboradas pequenas placas em cartolina com as opções de resposta A, B, C e D, que foram utilizadas durante o processo. A pergunta foi então lançada oralmente e em forma de projeção e os participantes tiveram o tempo cronometrado, de acordo com cada questão. Ao final deste tempo todos respondem levantando opção contendo a letra correspondente à alternativa. Além disso, para motivar a participação e o entusiasmo dos jogadores, o vencedor recebeu um prêmio.

Na terceira etapa da pesquisa foi realizada a constatação de impacto do jogo educacional seguindo o modelo proposto por Savi et al. (2011) adaptado. O procedimento contemplou a aplicação verbal de perguntas aos participantes após finalizado o *quiz*. As perguntas realizadas consideraram os seguintes aspectos: motivação, experiência e conhecimento e são apresentadas abaixo:

Motivação:

- Relevância: Foi possível relacionar o conteúdo do jogo com coisas que já aprendeu, viu, fez ou pensou?
- Confiança: As perguntas do jogo foram muito difíceis?
- Satisfação: Aprendeu algumas coisas com o jogo que foram surpreendentes ou inesperadas?

Experiência do usuário:

- Imersão: Se esforçou para ter bons resultados no jogo?
- Desafio: Este jogo foi desafiador para você?
- Divertimento: Jogaria este jogo novamente?



Conhecimento:

- Depois do jogo conseguiu compreender melhor os temas apresentados?
- Depois do jogo sentiu que consegue aplicar melhor os temas relacionados?

Ao final do jogo foi informado aos participantes da disponibilização do mesmo por meio eletrônico, possibilitando o acesso e interação posterior via internet. O link de acesso ao material foi disponibilizado ao professor para que o mesmo possa incorporá-lo na sala de aula, utilizando uma metodologia de ensino alternativa no cotidiano dos estudantes.

RESULTADOS

As Figuras 1 e 2 demonstram, respectivamente, os participantes do evento e a disposição da mesa onde o *quiz* foi aplicado, respectivamente.



Figura 1: Participantes voluntários no evento da Semana do Meio Ambiente



Figura 2: Local de aplicação do *quiz* no evento da Semana do Meio Ambiente

O jogo online foi criado a partir de uma rede social educativa nomeada EFuturo (Efuturo, 2019) (Figura 3). O tipo *Quiz* foi escolhido, pois possibilita acesso por dispositivos ligados à internet, permitindo a promoção e difusão da educação ambiental em espaços formais e não formais de ensino. O *quiz* online dispõe de 16 perguntas, com adaptações que possibilitam uma resposta mais objetiva, porém, sem perda de conteúdo.



II Seminário Nacional de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

Tema: Inovação Tecnológica e de Gestão para enfrentar os desafios do milênio

17,18 e 19 OUTUBRO 2019
8h às 18h
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES
VITÓRIA-ES

Versão para Mobile / Tablet:

Esse Quiz é uma colaboração de **LORENA C. RODRIGUES DA SILVA**

QUIZ da Sustentabilidade e resíduos sólidos!: O jogo tem como objetivo introduzir a Educação Ambiental, por meio do lúdico, com intuito de capturar a atenção e propiciar a internalização de conhecimento!

Perguntas: / 16 Total Acerto: Total Erro:

QUAIS SÃO OS TRÊS PRINCIPAIS PILARES DA SUSTENTABILIDADE?



Figura 3: Jogo online interface apresentada para usuários

Os jogos educativos trazem uma série de contribuições ao ensino-aprendizagem, dentre elas: a possibilidade de exploração do mundo de modo seguro e confortável; reproduz cenários, situações ou problemas concretos, de maneira simplificada e didática; proporcionam aos participantes a vivência de problemas reais, exercitando a criatividade; estimulam e facilitam a participação ativa de dos participantes; criam situações mediadas de relações interpessoais que estimulam a interação entre os participantes; e estimulam os participantes a compreender e resolver problemas reais, despertando interesses (ROSA, 2009), como se exemplifica o caso apresentado neste trabalho.

Em função de dificuldades de locomoção e do evento ter ocorrido no final do período letivo, normalmente com maior sobrecarga de atividades avaliativas, a escola foi representada por um docente e um pequeno grupo de alunos. O pré-teste do jogo foi aplicado com 3 discentes de uma escola pública estadual de nível médio.

Com relação à motivação, observou-se que os alunos que já tinham visto o conteúdo no ensino fundamental, porém não deram a devida atenção ao assunto e que hoje percebem a importância do tema. Constatou-se que os mesmos consideraram as perguntas difíceis e surpreendentes, principalmente com relação ao grupo “Conferências de sustentabilidade e Objetivos de Desenvolvimento Sustentável”, pois são questões específicas e atuais que estão mais inseridas no contexto dos profissionais da área ambiental. Verificou-se que todos ficaram muito satisfeitos com o jogo, considerando-o dinâmico e válido para o ambiente escolar, pois além de ser divertido colabora com o aprendizado.

Quanto a experiência do usuário, expuseram que se esforçaram bastante para ter bons resultados, pois estavam competindo entre eles a fim de garantir o prêmio final. Consideraram ainda uma atividade desafiadora, pois queriam obter o melhor resultado e se destacar entre os colegas. Por fim, informaram que jogariam novamente, pois o jogo se mostrou uma ferramenta ambiental didática interessante e motivadora para dinamização de aprendizagem do tema.

Ao final da aplicação do *quiz*, os discentes relataram que foi possível reforçar conhecimentos anteriormente trabalhados e adquirir novos saberes, visto que as questões aplicadas foram discutidas e explicadas pelas ministrantes após respostas incorretas por parte dos participantes. Mostraram ainda que, por ser um assunto interdisciplinar, sentiram que poderiam aplicar o conhecimento adquirido no dia a dia,

Realização



Patrocínio



Apoio





II Seminário Nacional de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

Tema: Inovação Tecnológica e de Gestão
para enfrentar os desafios do milênio

17,18 e 19 | OUTUBRO 2019
8h às 18h
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES
VITÓRIA-ES

dinamizando ações sustentáveis além de contribuir com a minimização da geração de resíduos e consumo consciente.

Em relação ao *quiz* disponível online no site EFuturo, foi enviado o link ao professor da turma, que considerando a demonstração dos educandos em realizá-lo, ficou de aplicar como uma atividade de educação ambiental em sala de aula. Por fim, até o momento de submissão deste trabalho, o *Quiz* obteve 10 acessos como demonstrado na Figura 4.

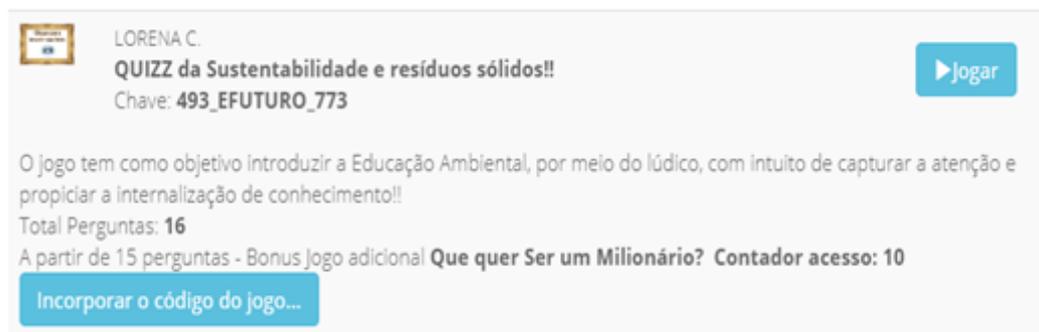


Figura 4: Demonstração do acesso do jogo até o momento presente

CONCLUSÕES

As observações do comportamento dos alunos, bem como os relatos apresentados pelos mesmos, possibilitaram concluir que utilizar jogos como metodologia de ensino-aprendizagem é de suma importância na apropriação do saber, porque permite aprender utilizando o lúdico e podem facilitar a contextualização do conteúdo de Educação Ambiental em diversas disciplinas.

O quiz se mostrou importante em nosso ponto de vista, pois com sua elaboração foi possível compartilhar os conhecimentos previamente adquiridos, cumprir o papel de extensão universitária, divulgando o conhecimento gerado dentro de uma instituição com a comunidade, bem como promover a divulgação de conceitos de sustentabilidade, ideias nos dias atuais, com o meio externo à comunidade acadêmica de pós-graduação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, F. J.; ALMEIDA, M. E. B. Avaliação em meio digital: Novos espaços e outros tempos. In: Fernando José de Almeida. Avaliação Educacional em debate: Experiência no Brasil e na França. São Paulo: Editora PUC - SP- Educ, 2005.
2. BATTISTELLA, P. E. ENgAGED: Um processo de desenvolvimento de jogos para ensino em computação. Tese (Doutorado em Ciência da Computação). 401 p. Florianópolis, 2016.
3. CALISTO, A.; BARBOSA, D.; SILVA, C. Uma análise comparativa entre jogos educativos visando a criação de um jogo para educação ambiental. In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, Rio Grande do Sul, 2010.
4. EFUTURO. QUIZZ da Sustentabilidade e resíduos sólidos. Disponível em: <https://www.efuturo.com.br/quizz_buscar.php>. Acesso em: 20 mai. 2019.
5. JACOBI, P. Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. Cadernos de Pesquisa, São Paulo, n. 118, p. 189-205, 2013.
6. ROSA, A.V. Jogos educativos sobre sustentabilidade na educação ambiental crítica. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais). 111 f. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.
7. SAVI, R., GRESSE VON WANGENHEIM. C., AND BORGATTO, A. (2011). Um Modelo de Avaliação de Jogos Educacionais na Engenharia de Software. In: XXV Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software, (pp.194-203). São Paulo, SP

Realização



Patrocínio



Apoio



fluxo



II Seminário Nacional de
**Recursos Hídricos e
Saneamento Ambiental**

Tema: Inovação Tecnológica e de Gestão
para enfrentar os desafios do milênio

17,18 e 19 | OUTUBRO 2019
8h às 18h
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES
VITÓRIA-ES

8. SOARES-LEITE, W. S.; NASCIMENTO-RIBEIRO, C. A. (2012). A inclusão das TICs na educação brasileira: problemas e desafios. *Revista Internacional de Investigación en Educación*, 5 (10), 173-187.
9. THOLLENT, Michel. Metodologia de pesquisa-ação. Coleção temas básicos de pesquisa-ação, São Paulo, 2 ed. 1986, Editora Cortez.
10. XAVIER, L.L. Elaboração de uma ferramenta lúdica sobre o tema dengue utilizando linguagem computacional. 158 f. Dissertação (Mestrado em Ensino em Biociências e Saúde). Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2010.

Realização



Patrocínio



Apoio



fluxo



**V - PROPOSTA DE SENSIBILIZAÇÃO POPULAR EM RELAÇÃO À
COLETA, O ARMAZENAMENTO E O RECOLHIMENTO DA BORRA DE
CAFÉ EM DOIS AMBIENTES INSTITUCIONAIS**

Isael Colonna Ribeiro⁽¹⁾

Biólogo/Universidade Federal do Espírito Santo. Especialista em Engenharia Sanitária e Ambiental /Faculdade Cândido Mendes. Mestrando em Tecnologias Sustentáveis/Instituto Federal do Espírito Santo.

Fabício Raig Dias Lima⁽¹⁾

Acadêmico de Engenharia Sanitária e Ambiental do Instituto Federal do Espírito Santo.

Jacqueline Rogéria Bringhenti⁽¹⁾

Engenheira Civil/Universidade Federal do Espírito Santo. Especialista em Engenharia de Saúde Pública e Ambiental/Faculdade de Saúde Pública. Mestre em Saúde Pública /Universidade de São Paulo. Doutora em Saúde Pública/Universidade de São Paulo. Professora do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental e do Programa de Pós-graduação em Tecnologias Sustentáveis, Instituto Federal do Espírito Santo/Campus Vitória.

Adriana Márcia Nicolau Korres⁽¹⁾

Bióloga/Universidade Federal do Espírito Santo. Mestre em Microbiologia Agrícola/Universidade Federal de Viçosa. Doutora em Biotecnologia/Rede Nordeste de Biotecnologia. Professora do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental e do Programa de Pós-graduação em Tecnologias Sustentáveis, Instituto Federal do Espírito Santo/Campus Vitória.

Endereço⁽¹⁾: Av. Vitória, 1729 - Jucutuquara, Vitória - ES, CEP 29040-780/ Tel: (27) 3331-2136/ (27) 99850-4726 e-mail: isaelcolonna@gmail.com

RESUMO

A maior parcela na composição dos resíduos sólidos gerados no Brasil corresponde a materiais orgânicos úmidos, muitos desses procedentes de ambientes institucionais. Um desses resíduos é a borra de café, sobra orgânica produzida após a extração aquosa a quente a qual são submetidos os grãos de café. O aumento de produção e consumo dessa bebida, aliado à gourmetização, inclusive em instituições de ensino e indústrias, desponta como um importante e vasto campo de estudo. No entanto, é necessário desenvolver planos de gestão eficientes para a coleta seletiva desse tipo de resíduo. Frente a isso, o presente trabalho elaborou uma proposta para a sensibilização do público envolvendo a coleta, o armazenamento e o recolhimento da borra de café. Com esse intuito foram selecionados dois ambientes, um corporativo e outro educacional, onde foi realizada a conscientização acerca das questões ambientais por meio de palestras explicativas e diálogos direcionados. Os principais temas abordados durante a explanação referiam-se a gestão de resíduos, Economia Circular, Compostagem, Resíduo Zero e a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Posteriormente, utilizou-se o modelo de hexágonos conectados para elaborar uma proposta de sensibilização, abordando seis conteúdos com aspectos relativos ao convencimento, e ao incentivo da participação do público nas atividades desenvolvidas. Além disso, foi criado um plano de ação baseado na ferramenta 5W2H visando direcionar e tornar replicável a proposta apresentada nesse trabalho a outros ambientes. Como resultados percebeu-se que o público participou ativamente das atividades propostas, segregando e armazenando corretamente a borra de café e também contribuindo com sugestões de ampliação e melhoria da iniciativa. Dessa pesquisa resultou um protocolo de sensibilização do público participante que pode ser utilizado como ferramenta de Divulgação Científica em atividades futuras, como uma forma de estimular e direcionar o desenvolvimento de ações de sustentabilidade relacionadas a coleta seletiva de resíduos.

Realização

Patrocínio

Apoio



II Seminário Nacional de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

Tema: Inovação Tecnológica e de Gestão
para enfrentar os desafios do milênio

17,18 e 19 | OUTUBRO 2019
8h às 18h
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES
VITÓRIA-ES

PALAVRAS-CHAVE: Sensibilização, Divulgação Científica, Borra de Café, Coleta Seletiva, Compostagem.

INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios ambientais da atualidade é o estabelecimento de sistemas de gestão que possibilitem o reaproveitamento de resíduos sólidos urbanos. Essas sobras têm sua geração estimulada por fatores como o crescimento da população, o aumento do padrão de vida, a ampliação da economia e a urbanização acelerada (SONG, LI e ZENG, 2015), condições que aliadas à falta de valorização desses materiais contribuem para problemas de natureza tanto ambiental quanto sanitária. No Brasil, constata-se que os resíduos sólidos orgânicos (RSO) representam cerca de 50% de todos os materiais coletados (CEMPRE, 2019). Isso traz a reutilização dessas sobras orgânicas para o centro das discussões relacionadas ao estabelecimento de práticas de sustentabilidade no que tange a gestão de resíduos sólidos.

Nesse contexto, a borra de café, sobra orgânica produzida após a extração aquosa a quente a qual são submetidos os grãos de café depois de torrados e moídos (BRAVO et al. 2011) desponta como um importante resíduo orgânico a ser considerado, tendo em vista o aumento na sua geração em diversos ambientes, inclusive os institucionais, com destaque para empresas e instituições de ensino que reúnem vários setores (RIBEIRO et al., 2018). A gestão ambiental no meio corporativo e educacional é imprescindível para sustentabilidade dos processos que se desenvolvem nesses locais, e o gerenciamento dos resíduos orgânicos desponta como uma alternativa na redução dos impactos ambientais oriundos da disposição dessas sobras, sem a devida valorização, em aterros sanitários e lixões.

Sendo assim, faz-se necessário a boa condução de programas de gestão de resíduos que gerem procedimentos sistemáticos, potencializando os resultados e aumentando o grau de integração e comprometimento de toda organização. Além disso, essas iniciativas também se voltam para o desenvolvimento das pessoas, sensibilizando, motivando e capacitando-as para que percebam e se preocupem com a redução da geração e destinação adequada das sobras (ALBUQUERQUE et al. 2010).

Com o aumento da complexidade em gerenciar processos, iniciativas e informações, é fundamental a criação de planos de ação que direcionem as responsabilidades dos atores envolvidos. Assim sendo, a ferramenta “5W2H” por meio de respostas simples e diretas permite a organização de informações cruciais para que a sistematização de um planejamento seja bem elaborada. (CAMPOS, 2004a)

A sensibilização para o gerenciamento dos resíduos orgânicos passa pelo incentivo à coleta, ao armazenamento e ao adequado acondicionamento dos mesmos. O cumprimento dessas etapas colabora para a disseminação da sustentabilidade, visto que contribui para os princípios de resíduo zero, economia circular e também com o alcance dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo elaborar um protocolo de sensibilização e um modelo de plano de ação para público envolvido em relação ao direcionamento das formas corretas de coletar, armazenar e recolher a borra de café gerada em ambientes institucionais. Os resíduos recolhidos após a sensibilização foram tratados e posteriormente valorizados por meio da técnica de compostagem.

MATERIAIS E MÉTODOS

As instituições selecionadas para desenvolvimento da atividade de sensibilização foram o Instituto Federal do Espírito Santo e uma empresa mineradora, ambas localizadas na cidade de Vitória-ES. Ao todo participaram da atividade cerca de 300 pessoas distribuídas em 12 setores, seis em cada ambiente. Para a sensibilização do público no que se referiu a efetiva participação na coleta, armazenamento e recolhimento da borra de café, todos os empregados e servidores dos 12 setores estudados foram

Realização



Patrocínio



Apoio





convidados a participar de um diálogo de conscientização. Esse contato orientativo teve o objetivo de informar e sensibilizar sobre a geração e a destinação dada aos resíduos sólidos, em especial os orgânicos e com destaque para a borra de café.

Além disso, forneceu-se um direcionamento sobre as possibilidades de destinação ambientalmente adequadas de sobras orgânicas, como por exemplo, a compostagem e a sua implicação para a manutenção da sustentabilidade ambiental, tendo em vista os princípios de resíduo zero, economia circular e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

A conscientização foi feita por meio de uma palestra explicativa e argumentativa, construída a partir de conteúdos e materiais que abordavam a geração, a coleta e a destinação ambientalmente adequadas de resíduos sólidos orgânicos e as possíveis soluções para a sua valorização. Utilizou-se uma apresentação de slides e também amostras de borra de café e de compostos orgânicos no intuito de facilitar o entendimento dos colaboradores, bem como estimular o seu interesse pelo tema.

Cada uma das áreas selecionadas no ambiente educacional recebeu um recipiente plástico, com capacidade de dois litros. Já os recipientes deixados nos pontos de coleta do ambiente corporativo comportavam um volume de até cinco litros. A coleta ficou exclusivamente sob responsabilidade de empregados e servidores.

Ao fim dessa etapa objetivou-se criar uma proposta de protocolo de sensibilização no que se referiu a conscientização e o envolvimento dos participantes nas etapas de coleta, armazenamento e recolhimento dos resíduos do preparo de café. Para tanto, utilizou-se o modelo de hexágonos conectados disponível no Microsoft Office Power Point 2019 que possibilita representar uma série de ideias interconectadas (Figura 1).

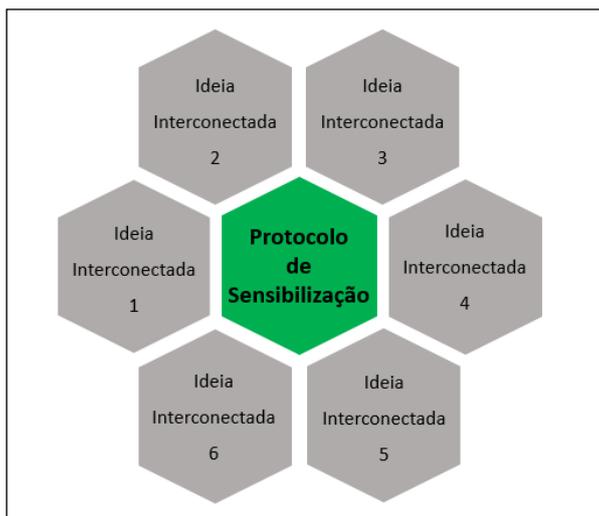


Figura 1: Proposta de protocolo de sensibilização para o público participante baseado no modelo de hexágonos conectados

A construção do protocolo de sensibilização utilizado como base para o diálogo com os participantes, contemplou seis conteúdos principais, representados na forma de ideias interconectadas.

Como forma de reforçar a tentativa de melhor gerenciar a atividade de coleta seletiva dos resíduos orgânicos provenientes do preparo do café não só instituições pesquisadas, mas também extrapolando-se para outros ambientes foi proposto um modelo de plano de ação que reúne os sete questionamentos presentes na ferramenta 5W2H (CAMPOS, 2004a). O método consiste em responder às sete perguntas permitindo que todos os aspectos básicos e fundamentais de um planejamento sejam analisados. Com isso



a ferramenta 5W2H foi utilizada de maneira a avaliar as variáveis envolvidas na participação e as atribuições e contribuições dos participantes durante a etapa de sensibilização.

O material coletado diariamente, após pesado, foi transferido para um vasilhame plástico secundário de maior volume. Os recipientes primários de coleta, de menor volume, foram limpos e repostos no local destinado a eles para recolhimento da borra que seria produzida no dia seguinte. Manteve-se essa sequência até o término do período amostral no ambiente corporativo. Já em relação a instituição de ensino o material foi recolhido semanalmente, devido ao menor volume de geração e também a disponibilidade dos setores em armazenar o resíduo em local refrigerado, no próprio ambiente de geração. Os resíduos recolhidos após a sensibilização foram pré-tratados e mais adiante valorizados por meio da técnica de compostagem.

RESULTADOS

ELABORAÇÃO DO PROTOCOLO DE SENSIBILIZAÇÃO

Cerca de 300 pessoas participaram das ações de sensibilização, que ocorreram de forma bem-sucedida nos 12 setores onde a palestra foi ministrada. Os empregados e servidores mostraram-se comprometidos em colaborar com a coleta dos resíduos do preparo do café, após serem orientados a respeito da sua contribuição no desenvolvimento da pesquisa.

Durante as explicações surgiram dúvidas e foram feitos questionamentos e sugestões de melhoria, muitos participantes ficaram surpresos ao serem informados que o resíduo borra de café apresentava um grande potencial de valorização por meio de técnicas como a compostagem e a digestão anaeróbica.

A sensibilização é fundamental para garantir o envolvimento dos participantes e dar visibilidade a essas iniciativas dentro das instituições estudadas buscando incutir maior atratividade e adesão a essas propostas. Uma vez sensibilizadas, essas pessoas tornam-se capazes de disseminar e multiplicar a outras esferas o conhecimento que adquiriram (BRINGHENTI et al.2016).

As atividades de coleta e o armazenamento dos resíduos de café foram feitas de modo correto em todos os setores envolvidos. Não se observou mistura com outros tipos de resíduos orgânicos, o que parece indicar que as orientações e conteúdos ministrados durante as palestras foram assimilados e colocados em prática. Porém, em alguns setores a borra foi segregada dos filtros de papel, contrariando as orientações.

Quando se trabalha com a perspectiva de desenvolvimento sustentável há de se pensar na importância da integração entre diferentes setores. Isso porque há uma crescente necessidade de se considerar os aspectos ambientais dentro da construção de sistemas de gestão integrada cada vez mais abrangentes e equilibrados. O reconhecimento dos resíduos sólidos orgânicos, em especial a borra de café, como bens econômicos e oportunidades de valor social passíveis de reciclagem, por meio de técnicas como a compostagem, e a sua reintrodução a um sistema circular de consumo/produção é de fundamental importância.

Nesse contexto, as instituições têm considerado a adoção de práticas sustentáveis geridas de modo cooperado entre a esfera pública e o setor privado, abrangendo ainda outros setores da sociedade. Essa parceria envolvendo o público e o privado em pesquisas científicas é fundamental para garantir o retorno efetivo dessas iniciativas à sociedade. De modo que a técnica de compostagem seja mais divulgada e possa ser aplicada por um contingente maior de pessoas na valorização dos resíduos orgânicos gerados diariamente em suas residências ou ambientes laborais.

Houve sensibilização dos participantes e isso foi demonstrado pelo envolvimento expresso na forma de questionamentos e sugestões, na realização da coleta e do armazenamento que ocorreram conforme orientações fornecidas durante a palestra. Houve ainda um retorno para todos os 12 setores informando a quantidade de resíduos coletado durante período avaliado.



As atividades desenvolvidas ao longo dessa pesquisa se alinham de forma clara com os alguns dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), tais como: promover a agricultura sustentável, saneamento para todos, criar cidades e assentamentos humanos seguros, resilientes e sustentáveis, assegurar padrões sustentáveis de produção e consumo, tomar medidas urgentes para mudanças climáticas e seus impactos, e para proteger, restaurar e promover o uso sustentável ecossistemas terrestres (PNUD, 2015).

Em relação ao protocolo de sensibilização do público a respeito da coleta, do armazenamento, do recolhimento e da quantificação da borra de café, foram contemplados seis conteúdos: a atratividade da proposta, a participação efetiva do público, a integração dos setores público e privado, a divulgação científica e a alfabetização científica por meio do uso da técnica de compostagem, o retorno ao público envolvido na realização da atividade e por fim, a contribuição da iniciativa para o alcance dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. A reunião desses conteúdos constituiu o protocolo de sensibilização e direcionou a criação da palestra de conscientização e envolvimento dos participantes (Figura 2)



Figura 2: Protocolo para sensibilização dos participantes com base no modelo de hexágonos conectados.

CONSTRUÇÃO DO PLANO DE AÇÃO - 5W2H

Com base na experiência adquirida durante a pesquisa foi construído um plano de ação tomando como base a ferramenta de qualidade 5W2H. A intenção de se construir esse plano de ação foi fornecer informações para tornar a ideia replicável e capaz de manter-se em operação mesmo sem a efetiva participação dos pesquisadores. O quadro apresenta direcionamentos para que os participantes possam estar envolvidos na ação de sustentabilidade oportunizando-a e gerando bons resultados (Quadro 1).



Quadro 1. Proposta de plano de ação - ferramenta metodológica de qualidade 5W2H

Passos	O que representa	Resposta	Observações
O que deve ser feito? (What)	Objetivos, etapas, fases	Direcionar as atividades de coleta seletiva de resíduos orgânicos para posterior valorização dos mesmos	Com foco no resíduo do preparo do café (borra)
Por que deve ser feito? (Why)	Justificativa, desafios e benefícios	Para contribuir com a implantação de práticas e ações de sustentabilidade	Compostagem, biodigestão
Onde deve fazer? (Where)	Local, departamento, área ou contexto	Ambientes institucionais públicos e privados	Instituições de ensino, empresas, comércio, condomínios e etc.
Quem deve fazer? (Who)	Recursos humanos, equipes, funções, responsáveis	Empregados, servidores, alunos, prestadores de serviço	Desde que estejam dispostos a contribuir e fazer de forma correta
Quando deve ser feito? (When)	Cronograma, prazo e tempo	Dianamente ao longo da rotina de trabalho	Se os setores contarem com refrigeradores a periodicidade de coleta pode ser estendida
Como deve ser feito? (How)	Procedimento, método, atividades, processo e sustentabilidade	Por meio de procedimentos padronizados que valorizem o aproveitamento de resíduos sólidos orgânicos	Folders, panfletos, manuais, procedimentos operacionais
Quanto custa ser feito? (How much)	Quantidade, valor e custo	O custo varia de acordo com o contingente de áreas atendidas	A gestão descentralizada de resíduos no próprio local de geração é peça chave

A adoção do plano de ação permitirá a essas e a outras instituições direcionar a atividade de coleta seletiva de resíduos sólidos orgânicos para seu posterior envio a compostagem de modo a contribuir com a implantação de ações e práticas de sustentabilidade em ambientes institucionais públicos e privados.

CONCLUSÕES

A geração de borra de café em ambientes institucionais tem aumentado. Com isso, torna-se necessário promover a conscientização dos agentes envolvidos quanto à coleta, ao armazenamento e à destinação final desse e de outros resíduos orgânicos. Tal intervenção pode ser feita por meio de protocolos de sensibilização e planos de ação. Essas ferramentas de sensibilização podem fomentar a participação do público em iniciativas sustentáveis e são necessárias para direcionar e estimular o interesse e o desenvolvimento de ações práticas. Essas iniciativas são essenciais para implantar sistemas eficientes de coleta seletiva e gestão de resíduos, tendo em vista que padronizam e direcionam e sistematizam as etapas do processo, permitindo a participação de qualquer pessoa e estimulando o envolvimento dos colaboradores dentro das instituições.

Para uma eficaz gestão integrada dos resíduos orgânicos, em especial de borra de café devem ser adotadas medidas que visam não só aspectos ambientais como também econômicos e sociais. Assim, a reciclagem mediante sistemas de compostagem é um método eficiente para o reaproveitamento desses resíduos, sendo capaz de incentivar o estabelecimento de uma economia circular.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALBUQUERQUE, B. L., JUNIOR, G. R. RIZATTI, G., SARMENTO, J.V.S., TISSOTI, L.” Gestão de resíduos sólidos na Universidade Federal de Santa Catarina: os programas desenvolvidos pela coordenação de gestão ambiental”. X Colóquio Internacional sobre Gestión Universitaria em América del Sur, Anais Mar de Plata. 2010.
2. BRAVO, J.; MONENTE, C.; JUÁNIZ, I.; PEÑA, M. P. de; CID, C. Influence of Extraction Process on Antioxidant Capacity of Spent Coffee. Food Research International, doi:10.1016/j.foodres.2011.04.026, 2011
3. BRINGHENTI, J. R., KORRES, A. M. N., GÜNTHER, W. M. R. and ROCHA, S. M. The recycling of organic waste as sustainable practice in higher education institutions. In: Congresso Interamericano de Engenharia Ambiental, Anais Cartagena: AIDIS. 2016.
4. CABRAL, M. S., MORIS, V. A. S., Reaproveitamento da borra de café como medida de minimização da geração de resíduos. XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. São Carlos, SP, Brasil, out., 2010.
5. CAMPOS, Vicente Falconi. Qualidade total: padronização de empresas. Nova Lima/MG: INDG, 2004a.
6. CEMPRE. “Composto urbano”. Compromisso Empresarial Para a Reciclagem, 2019. Disponível em: < <http://cempre.org.br/artigo-publicacao/ficha-tecnica/id/10/composto-urbano>>. Acesso em: 17 de jun. 2019.
7. CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. Rev. Bras. Educ. [online], n.22, p.89-100, 2003.
8. COSTA, P. M., BRINGHENTI, J. R.; KORRES, A. M. N. e FAÉ, C. Awareness and practice of solid waste selective collect for vermicomposting: case study in an educational institution. In: Congresso Interamericano de Engenharia Ambiental, Anais Cartagena: AIDIS. 2016.
9. KORRES, A.M.N., BRINGHENTI J.R., COSTA P.M.; FILOGÔNIO I.M.C. “A sensibilização e envolvimento da comunidade escolar sobre a prática da coleta seletiva de resíduos sólidos orgânicos e compostagem como forma de destinação final de material orgânico”. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES, Anais Vitória, 2013.
10. PNUD. “Objetivos de Desenvolvimento Sustentável”, Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, 2015. Disponível em:<<https://nacoesunidas.org/>> Acesso em 17 de mar. 2018.
11. RIBEIRO, et al. Composting and Anaerobic digestion as biotechnological alternatives for the valorization of used coffee ground in university campus. In: LEAL FILHO, W. et al. (Org.), Universities as Living Labs for Sustainable Development: supporting the implementation of the sustainable development goals, 1 ed, World Sustainability Series, 2018.
12. SONG, Q.; LI, J.; ZENG, X., Minimizing the increasing solid waste through zero waste strategy. Journal of Cleaner Production, v. 104, p. 199-210, 2015.



**I- REDUÇÃO DO RESIDUAL DE ALUMÍNIO DISSOLVIDO EM ÁGUA DE POÇO PARA
ABASTECIMENTO PÚBLICO**

Márcia Cristina Martins Campos Cardoso⁽¹⁾

Química Industrial pela Universidade Vale do Rio Doce (UNIVALE). Mestre em Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Técnica em Química na CESAN-ES.

Lorena Olinda Degasperi Rocha⁽²⁾

Tecnóloga em Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal do ES (IFES). Técnica em Meio Ambiente na CESAN-ES

Endereço⁽¹⁾: Rua Panamá, 152 - Araçás – Vila Velha - ES - CEP: 29103-031 - Brasil - Tel: (27) 997202154 - e-mail: marcia.cardoso@cesan.com.br

RESUMO

A disponibilidade de recursos hídricos tem se tornado um tema cada vez mais desafiador, e nos últimos anos este problema ganhou atenção especial em função da crise hídrica que afetou vários estados brasileiros, dentre eles o Espírito Santo. Durante a estiagem de 2015/2016 alguns poços que são utilizados para abastecimento público na ETA Ubu, situada na cidade de Anchieta-ES, sofreram aumento considerável na concentração de alumínio, devido ao rebaixamento do lençol freático. A concentração passou a ser em torno de 0,6 mg/L, valor 3x maior que VMP pela legislação brasileira. Portanto buscou-se alternativas para remover ou reduzir estes valores para atender a PCR nº5- MS. A primeira etapa foi buscar por tecnologias específicas para remoção do metal.; foram avaliados o filtro de alta pressão com zeólitos e outra tecnologia oferecida por empresa americana. Em seguida foram avaliadas outras alternativas utilizando recursos próprios. Os testes foram realizados em bancada, utilizando o jarteste e posteriormente realizados na própria ETA. Foram feitas pequenas alterações nos pontos de dosagem, e os resultados foram bem satisfatórios, reduzindo o residual de alumínio para valores inferiores a 0,2 mg /L, atendendo ao VMP da PCR nº5.

PALAVRAS-CHAVE: crise hídrica, água de poço, alumínio dissolvido, alcalinizante, pH.

INTRODUÇÃO

A disponibilidade de recursos hídricos tem se tornado um tema cada vez mais desafiador, principalmente para os profissionais da área de saneamento público, tanto pela quantidade quanto pela qualidade do recurso disponível.

Nos últimos anos este problema ganhou atenção especial em função da crise hídrica que afetou vários estados brasileiros, dentre eles o Espírito Santo.

Durante a estiagem de 2015/2016 houve o rebaixamento do lençol freático que em conjunto com as características geológicas da região resultou no aumento significativo no teor de Alumínio residual nos poços utilizados para abastecimento público, apresentando resultados na faixa de 0,6 mg/L, 3x mais que o VMP estabelecido pela PCR nº5.

O presente trabalho apresenta os desafios e as soluções que foram encontrados neste período de estiagem para manter o abastecimento público com qualidade adequados na ETA Ubu, situada na cidade de Anchieta-ES. A ETA é abastecida por quatro poços e tem vazão nominal de 10 L/s, mas no verão e feriados prolongados a ETA chega a trabalhar com 21 L/s. Antes da estiagem a água captada desses poços era de excelente qualidade, de forma que o tratamento realizado era apenas correção de pH, desinfecção e fluoretação. Portanto, considerando a qualidade da água, no primeiro momento buscou-se tecnologias específicas apenas para remoção do Alumínio, a fim de não alterar o tratamento.



Sendo assim, o trabalho foi realizado em três etapas, a primeira consistiu na pesquisa de tecnologias de remoção do alumínio disponíveis no mercado, como filtro de alta pressão com material filtrante (zeólito) e também uma tecnologia que estava em teste por uma empresa americana sediada no ES. Porém os valores de investimento eram muito altos, o que resultou na necessidade de encontrar alternativas que fossem viáveis economicamente, conduzindo o trabalho para uma segunda etapa, onde outros métodos foram testados e avaliados a partir de recursos próprios da empresa, através de ensaios de bancada, utilizando coagulante a base de ferro.

Posteriormente os resultados encontrados em bancada foram adaptados e aplicados na ETA, configurando a etapa final.

Os resultados foram muito satisfatórios, mostrando que simples intervenções realizadas na ETA foram suficientes e eficientes para reduzir o Alumínio residual, atendendo os padrões recomendados pela legislação e os custos previstos no orçamento.

MATERIAIS E MÉTODOS

Com a elevação e persistência do residual de alumínio acima do VMP pela legislação brasileira, foi realizada uma etapa de pesquisa em busca de tecnologias específicas para remoção de alumínio, com o objetivo de não alterar a configuração do tratamento (correção de pH, desinfecção e fluoretação).

Em função dos resultados obtidos e alto custo de implantação e manutenção das tecnologias disponíveis para a remoção do alumínio, iniciou-se uma segunda etapa, que teve como propósito avaliar o tratamento de ciclo completo utilizando um coagulante a base de ferro.

Os testes foram realizados no laboratório da ETA através de ensaios de jarteste e os resultados encontrados foram adaptados e aplicados na planta. A etapas estão descritas abaixo:

PRIMEIRA ETAPA: BUSCA DE TECNOLOGIA PARA REMOÇÃO DE ALUMÍNIO

Foi realizada uma pesquisa no mercado de saneamento em busca de empresas que fornecessem tecnologia para remoção do alumínio. Obteve-se as seguintes propostas: filtro de alta pressão com material filtrante (zeólito) e também de uma tecnologia que estava em fase de testes.

Filtro de alta pressão com zeólito: esse equipamento tem como objetivo o tratamento da água, que possui valores de alumínio, ferro e manganês acima dos padrões (V.M.P.) estabelecidos pela PCRn^o5 MS, ou fora das especificações de usos industriais. O tratamento da água com esse filtro baseia-se na utilização de um meio filtrante catalítico, a base de zeólitos naturais e sintéticos, tecnicamente selecionados, processados, esterilizados e ativados a fim de se obter alta atividade catalítica. São fabricados em aço ao carbono ou aço inoxidável, para mais variadas vazões. O valor de instalação desse equipamento seria em torno de 290 mil reais apenas para instalação, além do custo de manutenção.

Outra tecnologia avaliada foi a oferecida por empresa americana, que utiliza no seu processo de tratamento o ferro na valência +6. Esta tecnologia é utilizada para remoção de Ferro e seria testada também para a remoção de alumínio.

A empresa representante dessa tecnologia no estado do ES coletou a água da ETA Ubu e testou a tecnologia.

O resultado quanto à remoção do alumínio foi positiva, porém a metodologia gerou um aumento de cor e turbidez da água, diante seria necessário incluir etapa de no tratamento.

RESULTADOS DA PRIMEIRA ETAPA

O filtro de alta pressão com zeólito não se aplicou devido ao alto custo de implementação e manutenção.

A tecnologia da empresa americana apresentou uma redução do alumínio residual, porém gerou cor e turbidez, gerando um outro tipo de problema e inviabilizando a implantação do sistema. Os custos não foram apresentados pela empresa fornecedora. A falta de sucesso nesta etapa direcionou para a etapa seguinte.

Realização



Patrocínio



Apoio





SEGUNDA ETAPA: BUSCA DE SOLUÇÃO COM RECURSO PRÓPRIO

Diante das dificuldades apontadas e o alto custo de tecnologias já conhecidas, buscou-se então alternativas para a remoção do alumínio usando os próprios recursos da empresa, com o uso de coagulante a base de ferro e correção do pH. Se os resultados encontrados fossem relevantes isso implicaria na modificação do tratamento da água, sendo necessário alterar a formatação da ETA.

METODOLOGIA DOS TESTES

Os testes foram realizados em bancada por meio de ensaios de Jar Teste, usando o coagulante Salfer (densidade= 1,52/ C= 38,2%) e o alcalinizante cal Hidratada.

O objetivo dos ensaios foi avaliar a eficiência do coagulante na remoção do alumínio e determinar a melhor dosagem. Foram realizados testes aleatórios preliminares com a água coletada na ETA Ubu.

Tabela 1- Características Água Bruta

Características da água bruta				
Alumínio	Alcalinidade	Cor	pH	Turbidez
0,59	2,6	0,2	4,8	0,6

Tabela 2- Análises preliminares coagulante

Amostra	Análise pré-teste		Análise pós-teste (filtrado)			
	pH	Coagulante	Cor	Turbidez	Alumínio	pH
J1	4,48	0	10,1	0,98	0,70	4,48
J2	10	2	15,3	0,45	0,64	8,46
J3	9	2	16,3	0,65	0,62	8,60
J4	7	2	16,1	0,42	0,10	7,52
J5	7	0	14,8	0,45	0,17	7,80

Em seguida foi realizado outro teste variando o pH (valor aproximado) e mantendo-se a dosagem do coagulante salfer em 2mg/L

Tabela 3 - Ensaio Jar teste

Amostra	Análise pré-teste		Análise pós-teste (filtrado)			
	pH	Coagulante (mg/L)	Cor	Turbidez	Alumínio (mg/L)	pH
J1	9	2	17,8	0,55	0,29	7,0
J2	8	2	17,9	0,57	0,22	7,35
J3	7	2	19,7	0,78	0,17	6,55
J4	6	2	16,1	0,52	0,13	6,05

A partir destes resultados, observou-se que o uso do coagulante, mesmo em baixa dosagem (2mg/L), conferiu uma elevação na cor da água. Portanto iniciou-se uma nova bateria de testes, sem o adição do coagulante com o objetivo de avaliação outras variáveis, como a interferência do pH, do cloro e do flúor.

Experimento 1- Primeiramente foi realizado um ensaio de jar teste utilizando apenas o alcalizante (cal hidratada). As dosagens escolhidas foram baseadas nos resultados encontrados nos testes preliminares mantendo uma faixa de pH entre 5 e 8.

Tabela 4 - Características água bruta

Características da água bruta				
Alumínio	Alcalinidade	Cor	pH	Turbidez
0,58	2,6	0,2	4,8	0,6



Tabela 5 - Parâmetros jarreste

Parâmetros utilizados no teste				
Alcalinização	Mistura rápida	Mistura lenta	Decantação	Filtração
Adição de cal até o pH desejado	1'	10'	20'	Ñ foi feita

Tabela 6 - Ensaio jarreste remoção alumínio

Amostra	pH (desejado)	pH (real)	Cor	Turbidez	Alumínio
J1	5,5	5,70	0,0	0,48	0,16
J2	6,0	6,40	0,7	1,1	0,03
J3	6,5	6,90	0,5	5,39	0,06
J4	7,0	7,30	3,1	10,6	0,09
J5	7,5	7,80	3,1	12,3	0,24
J6	8,0	7,94	3,1	17,5	0,28

A alcalinização da água foi feita adicionando solução de cal concentrada com volume pré-estabelecido em teste preliminar, os valores reais encontrados foram diferentes dos desejados, entretanto esta diferença não foi um impedimento para alcançar os objetivos estabelecidos. O melhores resultados para remoção de alumínio x turbidez foram encontrados na faixa de pH entre 6,40 e 6,90 como mostrado no figura 2. Mas mesmo mantendo o pH nesta faixa, que apresentam os menores valores para a turbidez, estes valores se encontram acima do desejado.

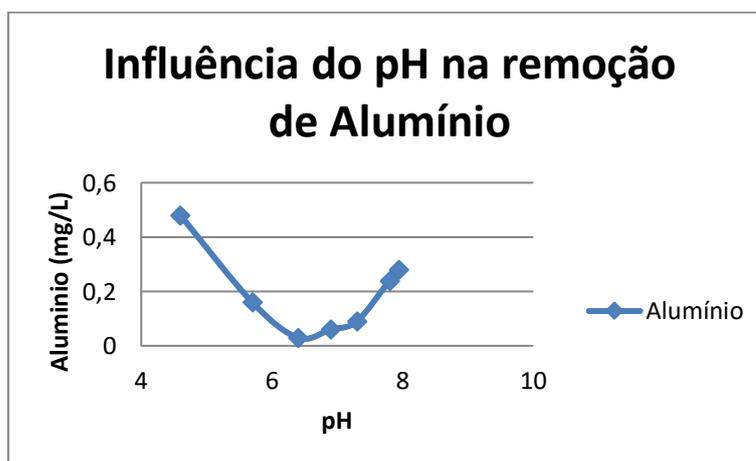


Figura 1- Influência do pH na remoção de alumínio

Este resultado mostra a importância do pH na solubilidade do alumínio, portanto, buscou-se trabalhar com a faixa de pH em torno de 6,4 e 6,9. Nesta etapa os ensaios foram realizados sem o uso do jarreste, e os produtos químicos foram adicionados e misturados manualmente, com o intuito de reproduzir o que realmente acontece na planta.

Experimento 2

Jarro 1- Simulação do que acontecia anteriormente na ETA (dosagem simultânea dos produtos químicos no mesmo ponto). Foram adicionados cal, cloro e flúor e agitou-se por um minuto.

Jarro 2- Neste jarro foi adicionado apenas o cal até o pH aproximado 6,70 e agitou-se com um bastão por 1 minuto. Em seguida foi feita a análise de alumínio.



Jarro 3- Foi feita uma análise para alumínio residual previamente, e imediatamente após a leitura foi adicionado cloro e flúor em concentrações aplicadas na ETA. Novamente a solução foi agitada por aproximadamente 1 minuto. Em seguida foi feita a análise de alumínio novamente.

Tabela 7 - Ensaios comparativos entre metodologias

Amostra	Análises pré-teste			Análises pós-testes	
	Cal	Flúor	Cloro	Alumínio	pH
J1	x	x	x	0,10	6,50
J2	x	-	-	0,07	6,70
J3	x	x	x	0,08	6,68

Observa-se que no jarro 1, onde é feita a mistura simultânea dos produtos químicos o residual de alumínio é ligeiramente mais alto

Experimento 3- Este teste foi realizado para comparar o processo de tratamento ciclo completo (simulado no jarro teste) versus configuração atual da ETA, avaliando a necessidade ou não de alteração do processo atual de tratamento.

Tabela 8 - Ensaios comparativos parte 2

Amostra	Análises pré-teste				Análises pós-testes
	pH	Cl	Flúor	Al	Alumínio
J1	6,46	2,20	0,8	0,19	0,10
J2	6,54	-	-	0,13	0,07

J1- Foram adicionadas dosagens aproximadas do real de cloro, flúor e cal de forma simultânea, e lidas após 1 minuto de agitação manual. Esta amostra foi submetida ao ensaio de jarro teste e após a decantação foi coletada nova amostra e realizada nova leitura.

J2- Neste jarro foi adicionado apenas solução de cal e feito a leitura após um minuto de agitação manual. Esta amostra foi submetida ao ensaio de jarro teste e após a decantação foi coletada nova amostra e realizada nova leitura.

Estes ensaios foram feitos para avaliar o tempo de contato em relação à redução do alumínio.

RESULTADOS DA SEGUNDA ETAPA

Após a realização destes testes foi possível perceber duas situações importantes:

1ª – A mistura dos três produtos simultaneamente, como era feito estava interferindo no valor residual do alumínio, observou-se que quando os produtos eram misturados simultaneamente havia um leve aumento no residual de alumínio, isso acontece devido ao flúor ser um interferente na análise de alumínio;

2ª – Embora os resultados encontrados após o ciclo completo sejam melhores, é possível encontrar resultados que atendam as exigências da portaria vigente apenas fazendo pequenas alterações na ETA, como alteração do ponto de dosagem dos produtos químicos, sem a necessidade de investimentos.

TERCEIRA ETAPA: APLICAÇÃO E ADAPTAÇÃO DOS RESULTADOS DE BANCADA NA ETA

A partir dos resultados encontrados em bancada, foram alterados os pontos de dosagem dos produtos químicos na ETA, e foi feito monitoramento de análises. Inicialmente, todos os produtos (cal, flúor e cloro) eram dosados no mesmo ponto de aplicação (indicado pelo círculo vermelho).

Após os testes foi sugerido que a cal passasse a ser dosada exatamente no ponto onde água chega (antes do ponto original, aumentando o tempo de contato) e o flúor e o cloro estão sendo dosados logo após a calha parshall (posterior ao ponto original). Os dosagens eram feitas simultaneamente no centro da calha.

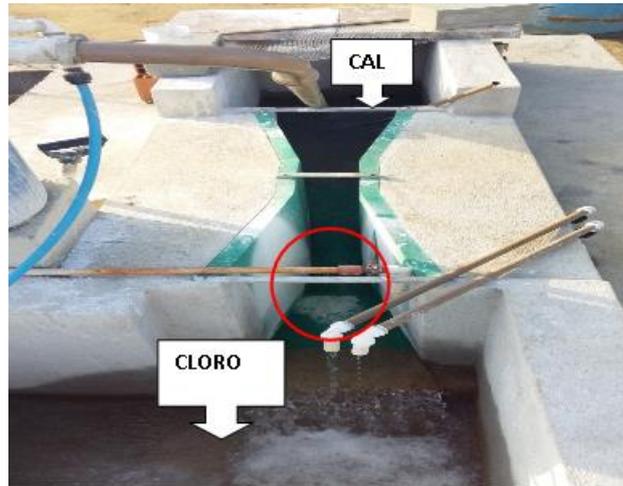


Figura 2- Nova configuração das dosagens de produtos químicos

Após a alteração dos pontos de dosagens foram realizadas as análises rotineiras para monitoramento dos resultados que estão descritos na tabela abaixo:

Tabela 9 – Resultados da água tratada após alteração dos pontos de dosagens e controle de pH

Horário	Amostra	pH	Alumínio
07:00	Água Bruta	5,18	0,47
	Água tratada	6,21	0,12
10:00	Água Bruta	5,20	0,42
	Água tratada	6,26	0,08
11:00	Água Bruta	4,61	0,54
	Água tratada	6,04	0,16
12:00	Água Bruta	5,76	0,55
	Água tratada	6,10	0,18
13:00	Água Bruta	4,62	0,57
	Água tratada	6,30	0,14
14:00	Água Bruta	5,05	0,58
	Água tratada	6,36	0,12

Abaixo seguem duas figuras comparando os resultados antes e depois das alterações realizadas nos pontos de dosagem dos produtos químicos.

A figura 4 mostra os resultados obtidos quando os produtos químicos eram misturados simultaneamente e não havia controle de pH.



quinta-feira, 6 de julho de 2017

CONTROLE FÍSICO-QUÍMICO DA ÁGUA												
Água Bruta						Tratada						
Cor	Turbidez	pH	Alcalinidade	Ferro	Alumínio	Cor	Turbidez	pH	Alcalinidade	Cloro	Alumínio	Fluoreto
mg/l Pt	NTU		mg/l CaCO ₃	mg/l	mg/l	mg/l Pt	NTU		mg/l CaCO ₃	mg/l	mg/l	mg/l
0,5	1,2	4,94				3,3	1	6,42		1,22		0,72
0,5	0,8	4,86	1,8		0,58	1,8	0,9	6,34		1,16	0,42	0,63
0,6	0,6	4,75				1,6	1	6,28		1,12		0,61
0,2	0,4	4,76				1,2	0,96	6,22		1		0,62
0,2	0,1	4,86	1,8		0,66	1	0,85	6,17		0,86	0,24	0,61
0,4	0,1	4,86				1	0,76	6,12		0,84		0,61

Figura 4- resultados anteriores às alterações

A figura 5 mostra os resultados obtidos após a mudança do ponto de dosagem da cal para o ponto de chegada da água, e o flúor é adicionado posteriormente, junto com o cloro.

quinta-feira, 30 de novembro de 2017

CONTROLE FÍSICO-QUÍMICO DA ÁGUA												
Água Bruta						Tratada						
Cor	Turbidez	pH	Alcalinidade	Ferro	Alumínio	Cor	Turbidez	pH	Alcalinidade	Cloro	Alumínio	Fluoreto
mg/l Pt	NTU		mg/l CaCO ₃	mg/l	mg/l	mg/l Pt	NTU		mg/l CaCO ₃	mg/l	mg/l	mg/l
1,8	0,23	4,69	1,6		0,58	4,9	1,43	6,19		0,75	0,14	0,78
1,3	0,2	4,88			0,56	4,1	0,76	6,12		0,7	0,15	0,65
1	0,23	4,9			0,55	5	0,99	6,15		0,85	0,1	0,65
-	-	-			-	4,7	0,66	6,16		0,84	0,15	0,65
2,7	0,24	4,73			0,56	4,5	1	6,31		1,24	0,11	0,69
2	0,23	4,8	1,6		0,56	5	1	6,09		0,98	0,18	0,64

Figura 5- Resultados após as alterações

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O filtro de alta pressão com zeólito apresentou custo muito elevado e inviável para implantação;

A tecnologia da empresa americana testada apresentou boa redução do residual de alumínio, porém conferiu aumento considerável de cor e turbidez, os custos não foram apresentados;

Coagulante não apresentou resultado relevante na remoção;

O controle de pH utilizando cal, e a alteração dos pontos de dosagem resultaram na redução de 70% do alumínio dissolvido;

Houve um leve aumento na turbidez da água tratada, mas ainda dentro do recomendado pela legislação;

Custo da melhoria para redução do alumínio dissolvido: hora/homem trabalhada.



II Seminário Nacional de **Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental**

Tema: Inovação Tecnológica e de Gestão
para enfrentar os desafios do milênio

17,18 E 19 | OUTUBRO 2019
8h às 18h
AUDITÓRIO DO CCJE-UFES
VITÓRIA-ES

Os resultados encontrados foram muito satisfatórios, mostrando que as pequenas alterações realizadas na ETA resultaram na redução do Alumínio para os padrões recomendados pela Portaria MS PCR nº5 anexo XX.

Embora a cal produza uma elevação na turbidez da água (mas este problema já existia, pois a cal era usada para correção de pH). Portanto, foi realizado um teste de 3 semanas utilizando cal em suspensão e o resultado foi positivo em relação ao controle de pH, que se torna muito mais fácil devido à estabilidade do produto e a turbidez praticamente não se altera. Assim, recomenda-se que esta substituição seja feita de forma definitiva, com o objetivo de melhorar e alcançar resultados de excelência como está proposto na missão e objetivos da empresa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CLETO, C. I. T.P. O alumínio na água de consumo humano. Covilhã, 2008. Dissertação e mestrado- Universidade da Beira Interior.
2. YAMAGUISHI, R B. Especificação de alumínio em água subterrâneas na região do manancial Billings: aplicação da radiação na digestão amostral para fins analíticos e na proposta de remediação. São Paulo, 2013.
Dissertação de mestrado-Instituto de pesquisa energéticas nucleares, autarquia associada à Universidade de São Paulo.
3. BRASIL. Portaria de Consolidação do Ministério da Saúde nº 05 anexo XX de 28 de Setembro de 2017. Do Controle e da Vigilância da Qualidade da Água Para Consumo Humano e seu Padrão de Potabilidade (Origem: PRT MS/GM 2914/2011).

Realização



Patrocínio



Apoio



fluxo



II - REÚSO DE EFLUENTE TRATADO EM IRRIGAÇÃO PARA RECUPERAÇÃO DE TALUDES DESNUDOS LOCALIZADOS EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Luciano Firme de Almeida⁽¹⁾

Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Especializado em Tecnologia de Sementes pela Universidade Federal de Pelotas (UFPEL-RS). Analista de Sistemas de Saneamento da CESAN (Companhia Espírito Santense de Saneamento).

Maria de Fátima de Lima

Química Industrial pela Faculdade Reunida Nuno Lisboa-RJ. Especialista em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Estadual do Rio de Janeiro-UERJ. Área de atuação: Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Sistemas de Abastecimento de Água e Esgoto da Companhia Espírito Santense de Saneamento-CESAN/ES

Júlio Noventa Dalmazio

Tecnólogo de Saneamento pelo Instituto Federal do Espírito Santo (IFES). Tecnólogo de Saneamento da CESAN.

Mário Luiz Lodi Júnior

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). MBA em Gestão Empresarial, Fundação Getúlio Vargas (FGV). Analista de Sistemas de Saneamento da CESAN.

Lucas Bylaardt Meira

Estagiário da Divisão de Gestão Ambiental da CESAN. Graduando em Superior de Engenharia Ambiental pela Faculdade Multivix Vitória (UNIVIX).

Endereço⁽¹⁾: CESAN - Companhia Espírito Santense de Saneamento : Av. Governador Bley, 186 - Edf. BEMGE - 3º Andar - Centro - Vitória - ES - CEP: 29010-150 - Brasil - Tel: (27) 2127-5068 - e-mail: luciano.firme@cesan.com.br

RESUMO

As estações de tratamento de esgoto (ETEs) localizadas nos municípios de Montanha e Nova Venécia foram implantadas por meio de escavações e aterros gerando taludes, isto é, superfícies inclinadas de um maciço de solo que tem a função garantir a estabilidade da obra. Considerando que os taludes estão sujeitos as forças de erosão das intempéries da natureza sua proteção se faz necessária e neste caso optou-se pelo uso de biomanta antierosiva até que a vegetação se estabeleça. Para garantir o desenvolvimento da vegetação nos taludes das ETEs este estudo apresenta como proposta a irrigação com os efluentes tratados que atualmente são descartados nos corpos receptores, proporcionando a recuperação de 6.110 m² de solo e uma economia diária de 24,44 m³ de água potável que irá beneficiar 163 habitantes. O retorno sobre o investimento aplicado na aquisição do sistema de irrigação se dará em apenas 10 meses.

Os impactos positivos estão relacionados com a redução da quantidade de água captada nos mananciais de abastecimento, o aumento da vida útil de estações de tratamento de água e a diminuição dos riscos e custos associados à busca por novos mananciais, estando alinhada com as ações relativas à política de reúso.

O reúso de efluente tratado altera positivamente as condições de outorga de lançamento visto que ocorrerá uma redução na vazão a ser lançada no corpo receptor.

A iniciativa está em consonância com o marco legal brasileiro relativo à prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal, em especial as Resoluções CNRH n° 121/2010 e 54/2005. Além disso, os cuidados previstos para o reúso seguem recomendações internacionais da FAO e OMS.

A prática aqui sugerida será aplicada na área interna da ETE sem riscos a saúde pública ou mesmo ambiental, além de atender a uma demanda da sociedade para incremento de ações de reúso.

PALAVRAS-CHAVE: Reúso de esgoto doméstico, Reúso de efluente tratado, Irrigação com efluente, Irrigação de talude, Área degradada



INTRODUÇÃO

A disponibilidade de água natural passível de potabilização e em quantidade suficiente para atender as demandas futuras depende de ações urgentes no âmbito da gestão de recursos hídricos. Nesse sentido está sendo elaborada pelo governo federal uma proposta de ações com objetivo de instituir uma política de reúso de efluente sanitário tratado no Brasil. Tal iniciativa vem incentivando as empresas de saneamento, inclusive a CESAN, a alinhar ao seu planejamento estratégico o aperfeiçoamento dos processos por meio da adoção de técnicas de reúso de efluente sanitário tratado como alternativa para usos não potáveis visando minimizar a pressão nas fontes naturais de melhor qualidade.

As estações de tratamento de esgoto de Montanha e Vinhático são do tipo lagoas de estabilização e a de Nova Venécia é o tipo lodo ativado. O monitoramento de qualidade tem demonstrado que a qualidade dos efluentes está em conformidade com a Resolução CONAMA nº 430/2011. A Tabela 1 apresenta as vazões outorgadas, eficiências médias de remoção de DBO e E. Coli, além de concentrações médias de E.Coli, obtidas em 2018.

Tabela 1 – Características Gerais das ETEs Montanha, Nova Venécia e Vinhático.

ETE	Montanha	Nova Venécia	Vinhático
Vazão outorgada (l/s)	10,00	74,87	3,78
Eficiência em remoção de DBO (mg O ₂ /l)	93,7	93,7	95,4
Eficiência em remoção E.Coli (NMP/100ml)	99,7	99,5	94,5
Concentração de E.Coli no efluente (NMP/100ml)	7,7.10 ⁴	3,1.10 ²	1,2.10 ⁶

Fonte: CESAN/2018.

O processo de implantação das ETEs foi realizado por meio de escavações e aterros que geraram os taludes, isto é, superfícies inclinadas de um maciço de solo que tem a função garantir a estabilidade da obra. Em função das intempéries da natureza os taludes estão erodidos e precisam ser recuperados, pois há necessidade de garantir sua estabilidade.

No processo de recuperação do talude será utilizada a biomanta que proporciona a retenção do solo e umidade favorecendo o processo de revegetação. No entanto o desenvolvimento da planta depende de água e de nutrientes que estão disponíveis no efluente tratado na ETE que continuamente é lançado no corpo receptor.

A reciclagem do efluente tratado e de seus nutrientes está em consonância com o conceito de sustentabilidade, pois quando o reúso é praticado para a fertirrigação, as águas de melhor qualidade ficam disponíveis para usos mais nobres, como o abastecimento doméstico (TONETTI, 2018).

De acordo com a diretriz adotada pelo Conselho Econômico e Social da Organização das Nações Unidas – ONU, segundo a qual, a não ser que haja grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deverá ser utilizada em atividades que tolerem águas de qualidade inferior.

O art. 5º da Resolução CNRH 121/2010 estabelece que "A aplicação de água de reúso para fins agrícolas e florestais não pode apresentar riscos ou causar danos ambientais e a saúde pública" e o art. 3º da Resolução CNRH nº 54/2005 que estabelece as modalidades o reúso direto não potável da água.

A OMS (2006) permite concentrações de Coliformes Termotolerantes que variam de 10⁴ a 10⁶ NMP/100ml para reúso agrícola restrito, dependendo do tipo de técnica utilizado, tipo de cultura e grupo exposto.

As ETEs de Montanha, Nova Venécia e Vinhático tratam somente esgoto sanitário doméstico e para garantir sua característica à CESAN continuará realizando o controle para impedir o recebimento de despejos não domésticos.

OBJETIVO

Irrigação nas áreas internas da ETES Montanha, Nova Venécia e Vinhático com os efluentes tratados que são lançados nos corpos receptores, como prática de racionalização e de conservação dos recursos hídricos.



METODOLOGIA

Após a instalação da biomanta será realizado o plantio de leguminosas e gramíneas e seu desenvolvimento será garantido com irrigação dos taludes das ETES com efluentes tratados. Na Tabela 2 são apresentadas as coordenadas geográficas da origem e destinação da água de reúso.

Tabela 2 - Localização geográfica da origem e destinação da água de reúso

ETE Montanha	ETE Nova Venécia	ETE Vinhático
Coordenadas de referência: UTM, Datum WGS 84, Fuso 24 k		
356.654 leste; 7.996.189 norte	354.477 leste; 7.929.008 norte	366.499 leste; 7.986.778 norte

Fonte: CESAN.

A irrigação será do tipo microaspersão, sistema de irrigação que utiliza emissores que lançam gotículas de água e propiciam uma precipitação mais suave e uniforme, visando não expor os trabalhadores e a população ao contato com o efluente, conforme diretrizes da OMS para o uso de águas residuais tratadas na agricultura (BLUMENTHAL, 2000).

O uso de efluente ocorrerá em área interna de ETES, isto é, em ambiente de acesso restrito e a irrigação será realizada preferencialmente em horário com baixa incidência de vento e será utilizada irrigação com baixa vazão diária, cinco vezes por semana, para melhor aproveitamento da lâmina d'água aplicada.

O sistema de irrigação possuirá filtro do tipo tela e outro filtro do tipo disco e o dimensionamento do volume de água de reúso que será necessário para irrigar a vegetação dependerá da exigência de cada cultura e das condições climáticas.

Serão realizadas análises dos macronutrientes e micronutrientes, inclusive condutividade elétrica e matéria orgânica, dos efluentes utilizados na irrigação bem como análises do solo dos taludes, nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm, cujos resultados subsidiarão na definição da adubação complementar. As concentrações recomendadas de elementos e substâncias químicas no solo, para todos os tipos de reúso, para fins agrícolas e florestais, são os valores de prevenção que constam da legislação pertinente.

A identificação e medição das áreas degradadas foram realizadas no campo. As Figuras 1 a 6 mostram os seis taludes a serem recuperados com biomanta antierosiva e que serão irrigados com efluentes tratados.

TALUDES DA ETE MONTANHA

• **Polígono 1:** 160 m²

Dimensões: 35 metros de comprimento, largura variável de 10 a 3 metros, declividade até 30°, com presença de solo exposto.

• **Polígono 2:** 1900 m²

Dimensões: 144 metros de comprimento, largura variando de 34 a 15 metros, declividade de 23° a 90°, com presença de solo exposto.

• **Polígono 3:** 1000 m²

Dimensões: 150 metros de comprimento, largura variando de 4 a 14 metros, declividade de 13° a 90°, com presença de solo exposto.

Área total: 3060 m² (horizonte C, latossolo vermelho-amarelo)

Condições climáticas locais: Tropical Semi-Árido. Terras Quentes, Planas e Secas. Média mínima do mês mais frio, 11,8 - 18,0 ° C. Média máxima mês mais quente 30,7 - 34,0 ° C. Precipitação 1024 mm. Período parcialmente seco a seco: fevereiro a outubro.

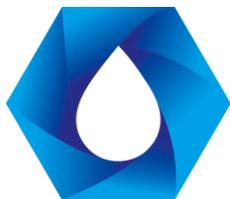


Figura 1 - Polígonos ETE Montanha. Área total de 3060m²

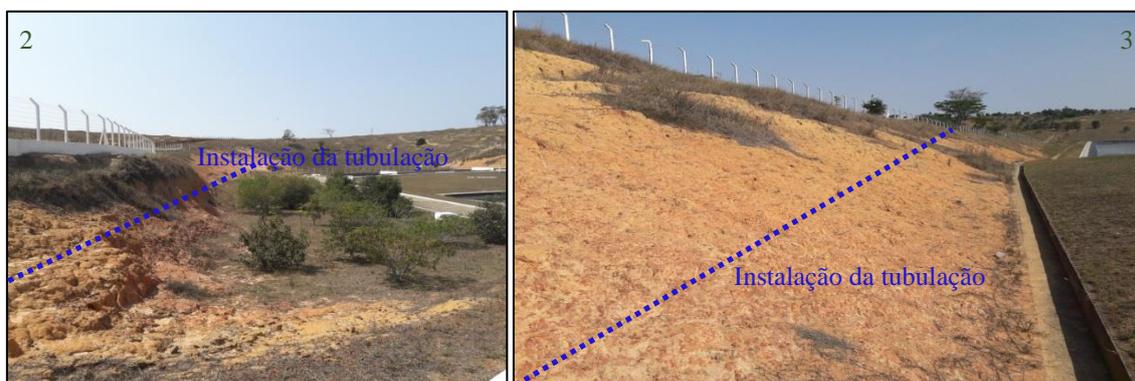


Figura 2 - Áreas referentes ao polígono 2 e 3 ETE Montanha

TALUDE DA ETE VINHÁTICO

• **Polígono:** 1550 m² (horizonte C, latossolo vermelho-amarelo)

Dimensões: 232 metros de comprimento, largura média de 6 metros, declividade até 90°, com presença de solo exposto.

Condições climáticas locais: Tropical Semi-Árido. Terras Quentes, Planas e Secas. Média mínima do mês mais frio, 11,8 - 18,0 ° C. Média máxima mês mais quente 30,7 - 34,0 ° C. Precipitação 1024 mm. Período parcialmente seco a seco: fevereiro a outubro.

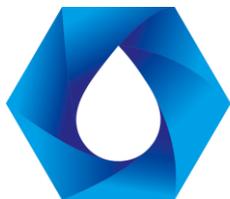


Figura 3 - Polígono ETE Vinhático. Área total de 1550 m²



Figura 4 - Área referente ao polígono da ETE Vinhático

TALUDES DA ETE NOVA VENÉCIA

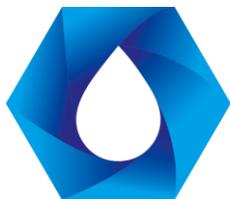
• **Polígono 1:** 800 m²

Dimensões: 85 metros de comprimento, largura variável de 8 a 22 metros, declividade até 90°, com presença de solo exposto.

• **Polígono 2:** 700 m²

Dimensões: 89 metros de comprimento, largura média de 7 metros, declividade até 90°, com presença de solo exposto.

Área total: 1500 m² (horizonte C, latossolo vermelho-amarelo)



Condições climáticas locais: Tropical Semi-Árido. Terras Quentes, Acidentadas e Secas. Média mínima do mês mais frio, 11,8 - 18,0 °C. Média máxima mês mais quente 30,7 - 34,0 °C. Precipitação 1133 mm. Período parcialmente seco a seco: fevereiro a outubro.

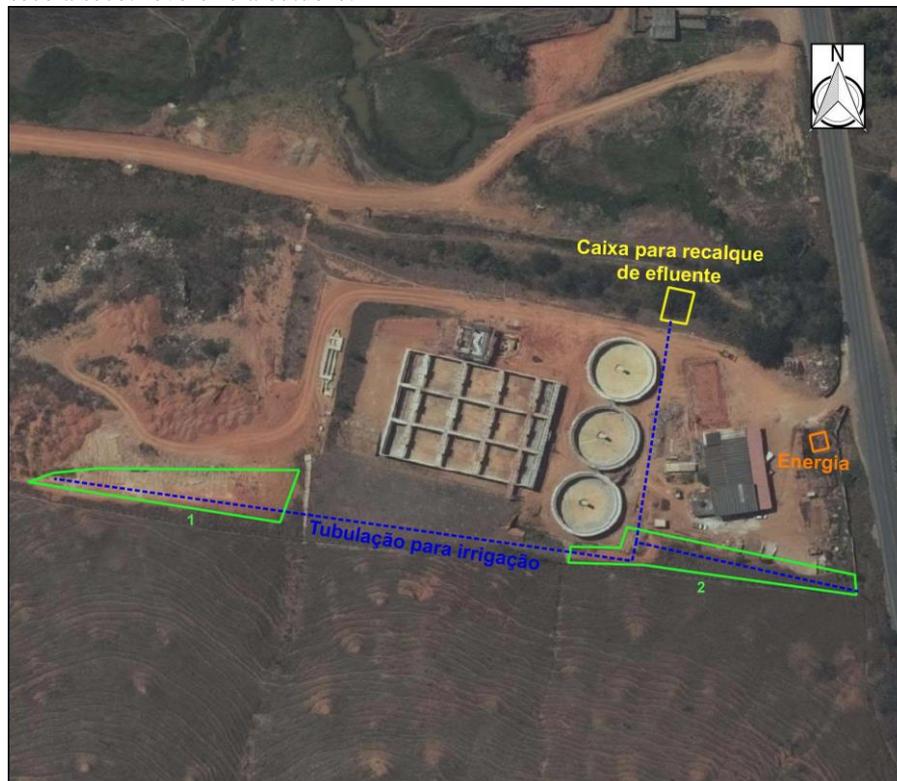


Figura 5 - Polígonos ETE Nova Venécia. Área total de 1500 m²

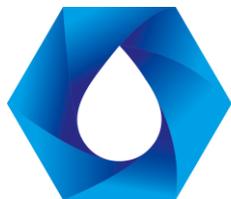


Figura 6 - Áreas referentes aos polígonos 1 e 2, ETE Nova Venécia

Serão irrigados 6.110 m² com efluente tratado de esgoto. No levantamento das áreas degradadas foram considerados que os locais a serem irrigados deverão estar distante no mínimo 2 metros do aquífero livre e que a atividade será executada pelo operador da ETE, profissional capacitado em medidas de segurança no que tange a manuseio de esgoto bruto e tratado.

RESULTADOS

A tabela 3 apresenta o volume diário de efluente tratado que será utilizado na irrigação dos taludes, que serão recuperados com o uso de biomanta antiossiva, e os percentuais da vazão de irrigação em relação à vazão



outorgada. O cálculo do volume diário foi realizado considerando a exigência da cultura, as condições climáticas locais e as dimensões da área.

Tabela 3 - Volume diário de água de reúso a ser utilizado na irrigação.

ETE Montanha	ETE Nova Venécia	ETE Vinhático
Volume diário a se utilizado na irrigação (m ³ /diário), cinco vezes por semana		
12,24	6,00	6,20
Vazão diária L/s, cinco vezes por semana		
0,14	0,07	0,07
Vazão outorgada (l/s)		
10	74,87	3,78
% da vazão de irrigação e vazão outorgada		
1,4	0,1	1,9

Fonte: CESAN.

Ao compararmos as vazões diárias necessárias ao processo de irrigação com as vazões outorgadas pode-se observar que o reúso de efluente tratado na irrigação dos taludes das ETES Montanha, Nova Venécia e Vinhático irá reduzir as vazões diárias a serem lançadas no corpo receptor em 1,4%, e 0,1% 1,9%, respectivamente. Embora sejam percentuais pequenos estes se tornam representativos porque será economizado por dia 24,44 de água potável o que significa que 163 habitantes serão beneficiadas com o reúso dos efluentes, considerando o per capita de 150 l/s. Em termos de volume mensal será economizado 530 m³ de água potável que foi calculado considerando que a irrigação será realiza 5 (cinco) vezes por semana e que a média de semanas por mês é de 4,34.

Tomando-se como referência a tabela de tarifa, conforme Resolução ARSP n° 020/18 e Sedurb n° 001/18, e a tarifa de água por faixa de consumo, categoria residência, o custo de 530 m³ de água potável é de R\$ 4.115,62. Considerando que a aquisição dos sistemas de irrigação para atender as três ETES é da ordem de R\$ 40.000,00 e que a operação será realizada por mão de obra já existente, o retorno sobre o investimento aplicado na aquisição no sistema de irrigação se dará em aproximadamente 10 meses.

Há de se considerar que deve ocorrer redução no volume de fertilizante a ser utilizado na cultura porque o efluente tratado apresenta nutrientes que são importantes no seu desenvolvimento.

CONCLUSÕES

A proposta de irrigação dos taludes das ETES de Montanha, Nova Venécia e Vinhático com efluentes tratados que são lançados diariamente nos corpos receptores garantirá a recuperação de 6.110 m² que atualmente estão em processo de erosão avançado devido às intempéries da natureza.

Ao substituir o uso de água potável por água de reúso, o volume diário de 24,44 m³ estará disponível para atender a 163 habitantes. Esta ação tem impactos positivos uma vez que pode contribuir na redução da quantidade de água captada nos mananciais de abastecimento, no aumento da vida útil de estações de tratamento de água e na diminuição dos riscos e custos associados à busca por novos mananciais, estando alinhada com as ações relativas à política de reúso.

O reúso dos efluentes tratado irá alterar as condições de outorga de lançamento, pois haverá uma redução na vazão de lançamento podendo o outorgado solicitar a autoridade competente sua retificação, se for de interesse, ou estabelecimento de créditos.

A alternativa de reúso de efluente tratado na área interna da ETE com aproveitamento da mão de obra já existente tem potencial para atender as demandas menos exigentes visto que o retorno sobre o investimento aplicado na aquisição dos sistemas de irrigação para as três ETES se dará em apenas 10 meses.

A irrigação dos taludes com efluentes das ETES está em consonância com o art. 5° da Resolução CNRH 121/201 que estabelece que "a aplicação de água de reúso para fins agrícolas e florestais não pode



apresentar riscos ou causar danos ambientais e a saúde pública” tendo em vista que sua aplicação será realizada em áreas internas das ETEs e que os efluentes que são lançados nos corpos receptores estão em conformidade com os padrões estabelecidos na Resolução Conama nº 430/2011.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. Irrigation water quality and wastewater re-use. Water quality for agriculture. Rome: FAO, 1985. Rev. 1. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/003/T0234E/T0234E08.htm#ch7>> Acesso em: 11 fev. 2019.
2. BLUMENTHAL, U. J. et al. Guidelines for the microbiological quality of treated wastewater used in agriculture: recommendations for revising WHO guidelines. Bulletin of the World Health Organization. 2000. p. 1105. Disponível em: <[https://www.who.int/bulletin/archives/78\(9\)1104.pdf](https://www.who.int/bulletin/archives/78(9)1104.pdf)>. Acesso em: 11 fev. 2019.
3. CNRH- Conselho Nacional de Recursos Hídricos (Brasil). Ministério do Meio Ambiente. Resolução n. 54, de 28 de novembro de 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 9 mar. 2006. Disponível em: <<http://www.cnrh.gov.br/reuso-de-agua-recursos-hidricos/37-resolucao-n-54-de-28-de-novembro-de-2005/file>>. Acesso em: 8 fev. 2019.
4. _____. Ministério do Meio Ambiente. Resolução n. 121, de 28 dezembro de 2010. Estabelece, diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília. Disponível em: <<http://www.cnrh.gov.br/reuso-de-agua-recursos-hidricos/1414-resolucao-n-121-de-16-de-dezembro-de-2010/file>>. Acesso em: 8 fev. 2019.
5. TONETTI, A. L. et al. Soluções para a disposição final do esgoto tratado. Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções. Campinas: UNICAMP, 2018. p. 122-124. Disponível em: <<http://www.fec.unicamp.br/~saneamentorural/wp-content/uploads/2018/11/Livro-Tratamento-de-Esgotos-Dom%C3%A9sticos-em-Comunidades-Isoladas-ilovepdf-compressed.pdf>>. Acesso em: 8 fev. 2019.



I-XX – SIMULAÇÃO DE MÉTODO IWA PARA AVALIAÇÃO DE PERDAS EM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA INTERMITENTE, ITABUNA-BA

Roberto Paulo Lima Alves⁽¹⁾

Discente do curso de Engenharia Civil pela Faculdade de Tecnologia e Ciências – FTC, Campus Itabuna-BA. Estagiário na Diretoria Técnica da Empresa Municipal de Águas e Saneamento S.A.

Anderson Alves Santos⁽²⁾

Docente dos cursos de Engenharia Civil e Ambiental da Faculdade de Tecnologia e Ciências – FTC, Campus Itabuna-BA. Economista, Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente (UESC), Mestre em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente (UESC), Especialista em Recursos Hídricos (UFAL) Especialista em Meio Ambiente e Desenvolvimento (UESB), Presidente do Comitê das Bacias Hidrográficas do Leste - BA, Assessor Técnico da EMASA/Itabuna - BA.

Endereço⁽²⁾: Rua Joaquim Batista, 363 – 1º andar, Santo Antônio - Itabuna - BA - CEP: 45602-245 - Brasil - Tel: (73) 98140-8118 - e-mail: eco.economia@uol.com.br

RESUMO

É inconteste a tese de que a água é um recurso natural é indispensável para o desenvolvimento da atividade humana. Inúmeras são as aplicações de uso e consumo em relação a este recurso. Não obstante o seu manuseio e operação por parte de companhias torna-se cada vez mais preponderantes a sua efficientização. Neste aspecto, tornou-se imperativo, considerando a irregularidade no fornecimento de água na cidade de Itabuna e o baixo índice de hidrometração por ligação, a oportunidade de investigação quanto ao seu uso pela EMASA S/A (Empresa Municipal de Água e Saneamento S.A), localizada no município de Itabuna-BA. Foi utilizado como metodologia de aferição do índice de perdas, os parâmetros aplicados pela *International Water Association* (IWA). Seu objetivo foi simular o comportamento do índice de perdas em sistema de abastecimento de água para a cidade de Itabuna-BA no ano de 2018. De modo geral, o trabalho desenvolvido teve como base dados comerciais, produção e distribuição de água, além de informações operacionais a exemplos no número e estimativas de vazamentos em rede. Visto os resultados apresentados e, sobretudo considerando a metodologia aplicada, percebeu-se que apesar da pouca hidrometração (cobertura de hidrômetros por ligação de água) a EMASA, conferiu-se um índice de perdas próximo aos escores médios registrados na região Nordeste do Brasil. E assim, a presente pesquisa poder-se-á servir como um exercício a ser replicado para outras companhias de sua característica operacional, além de, a partir de seus resultados, levar a questionamentos e indagações de âmbito técnico naquilo que se refere ao comportamento da companhia, visando subsidiar seus gestores na tomada de decisão.

PALAVRAS-CHAVE: Controle de Perdas, Abastecimento de Água, Efficientização, Saneamento.

INTRODUÇÃO

Sabe-se que o volume mundial de perdas de água não é o desejável no que se refere a economia de água. A cada ano, mais de 32 bilhões de m³ de água tratada são perdidos por vazamentos em redes de distribuição, ou seja, entre 40 e 50% de toda a água produzida no mundo é perdida. Segundo relatório do Banco Mundial, desenvolvido por Kingdom et al. (2006).

Segundo Freitas (2010), observa-se que, do ponto de vista operacional, as perdas de água podem ser divididas em perdas reais e perdas aparentes. As perdas reais significam ao volume de água produzido que não chega ao



consumidor final devido à incidência de vazamentos no sistema de abastecimento, como reservatórios, adutoras, redes e ramais. Ainda segundo o autor, as perdas aparentes correspondem ao volume de água consumido, porém não medido, decorrente de fatores como erros de medição nos hidrômetros, fraudes, ligações clandestinas e falhas no cadastro comercial, sendo que nesses casos a água é realmente consumida, mas não é faturada.

Existe no mundo duas grandes associações de água que, são a *American Water Works Association (AWWA)*, e a *International Water Association (IWA)*. A primeira tem sede nos Estados Unidos e a segunda é europeia com sede em Londres. No que se refere a perdas de água o conceito válido em todo o mundo com exceção do Japão, é o da IWA.

Dessa forma, diante dos inúmeros problemas ocasionados pelas perdas em redes de distribuição de água. O presente trabalho tem por objetivo apresentar as ferramentas para gestão de perdas de água potável no Brasil e no mundo. Buscando uma economia nos serviços prestados pelas empresas de Saneamento, mais precisamente em suas redes de distribuição.

O trabalho apresenta um estudo de caso na EMASA S/A (Empresa Municipal de Água e Saneamento S.A), localizada no município de Itabuna-BA, e, na oportunidade, recomenda uma metodologia para intensificar os trabalhos de redução de perdas, por meio de indicadores de desempenho empregados pela *International Water Association (IWA)*. Os resultados demonstram que a ferramenta possibilita uma gestão eficaz, dos índices de perdas de água.

Cabe destacar que o cunho principal para realização da presente pesquisa foi, entre outros fatores, a condição de variação hídrica na região, bem como o cumprimento de posturas sustentáveis em relação ao uso da água. Portanto, justifica-se como uma contribuição científica, capaz de subsidiar gestores e pesquisadores regionais da área de recursos hídricos. Seus resultados servirão de auxílio a tomada de decisão e/ou como elementos informativos úteis na elaboração de ações que contribuam com uso equânime e racional da água.

MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa foi desenvolvida no município de Itabuna-BA, o qual está localizado no Sul do estado, com uma distância de 454 km da capital, Salvador. O município é limítrofe no sul aos municípios de Buerarema e Santa Cruz da Vitória, a leste Ilhéus e a Oeste e Norte, os municípios de Itapé e Itajuípe, respectivamente.

Objeto de Estudo

A pesquisa foi elaborada, através de dados concebidos pela EMPRESA MUNICIPAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO S/A – EMASA, situada no município de Itabuna-Bahia. A EMASA tem a finalidade, de executar a política de abastecimento de água e esgotamento sanitário do Município de Itabuna. Entretanto teve sua atuação ampliada pela Lei Municipal 1.835/01, passando a ser Gestora da Política Municipal de Saneamento Ambiental, relativa a conservação dos recursos hídricos, entre outras atividades (EMASA, 2018).

De modo geral, o trabalho desenvolvido tem como base os dados referentes a distribuição e vazamentos de água, do exercício do ano 2018. Vale a pena destacar que, neste mesmo ano a EMASA manteve o foco voltado, na melhoria dos seus sistemas de abastecimento, buscando ter um maior controle nas pressões disponibilizadas em rede, buscou-se também a realização de ações preventivas que não comprometessem o funcionamento da rede de distribuição.

A EMASA opera atualmente com 435 km de rede de distribuição de água e 68.000 ligações existentes, distribuídas entre domiciliares, comerciais, públicas e industriais. Sua produção média na estação de tratamento



de água principal é de 720 litros por segundo, cuja fonte hídrica é proveniente dos rios Almada e Cachoeira. Além disso há outras duas unidades de tratamento nos distritos de Mutuns e Itamaracá.

Procedimentos

A pesquisa é do tipo bibliográfica exploratória, onde através de leitura e apropriação dos conceitos, na buscou-se formular entendimentos sobre aspectos destacados no problema de pesquisa. No que tange as fontes utilizadas, buscou-se acessar livros, revistas, materiais científicos correlatos ao tema, além de trabalhos bibliográficos de autores diversos. Não obstante, na busca de alternativas existentes para a diminuição das perdas e eficiência das redes de distribuição de água na cidade de Itabuna-BA, realizou-se também visita a campo, onde problemas referentes a controle de perdas puderam ser fotografados e/ou avaliados na tentativa de produzir os resultados prometidos no objetivo da pesquisa.

Variáveis e Aplicação do Modelo

O sistema base para mensuração das perdas foi utilizado o modelo IWA – *international Water Assossiation*. Este modelo contém variáveis operacionais e técnicas ligadas ao sistema de abastecimento de água, as quais foram:

1. Volume de entrada anual;
2. População abastecida;
3. Número de ligações reais de água;
4. Tempo médio de abastecimento (h/dia);
5. Consumo micromedido;
6. Consumo não medido (estimado);
7. Usos próprios (m³);
8. Usos sociais (m³); e
9. Extensão de rede (km)

De posse de todas as informações listadas anteriormente, alimentou-se o modelo, estruturado em sistema de modelagem fixado em plataforma fechada. O software é de livre acesso e não tem custo pela sua utilização. Sua autoria é da própria IWA. Quando obtido os resultados, sobretudo, o de perdas, buscou-se avaliá-lo comparando-o a índices nacionais, além de apresentar considerações acerca da performance da empresa em relação ao uso da água no município.

Cabe destacar que o modelo utilizado não é o único disponível para mensuração de perdas. Todavia, dentre os disponíveis é o que apresenta maior facilidade e acesso às variáveis requeridas. Isso justifica pela complexidade de alguns modelos nacionais e internacionais, os quais possuem outras propostas de resultados acima daqueles pretendidos nesta pesquisa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estrutura do Abastecimento de Água da EMASA

A empresa objeto de pesquisa, a EMASA (2018), faz sua captação nos rios Almada e Cachoeira, com participação percentual variável em cada um dos sistemas, a depender das condições operacionais e, sobretudo a qualidade da água. A empresa adota este critério com o fulcro de otimizar seu tratamento buscando reduzir custos com produtos químicos e energia elétrica.



Além dos esforços, segundo a EMASA (2018), há uma preocupação, também, quanto aos índices de perdas físicas do sistema. Estes giram em torno de 55%, segundo dados do Plano Municipal de Saneamento Básico de Itabuna - PMSB (2016). Várias zonas de abastecimento apresentam problemas de intermitências, isso significa que há uma irregularidade com o abastecimento de água em função da periodicidade do seu fornecimento. Segundo a empresa há áreas que podem chegar a 14 dia sem fornecimento de água.

Entretanto, apesar das intermitências apontadas anteriormente, há a necessidade de combate as perdas através de ações que reorganizem a atualização do cadastro de usuários, requalificação de tarifas e atendimento imediato a ocorrência de rompimentos e vazamentos no sistema de distribuição.

Levando em consideração o cenário descrito e, considerando as proposições destacadas no relatório Anual de Atividade 2018, foram estabelecidos alguns objetivos como, reduzir gradualmente as perdas nos sistemas de distribuição, e construir uma visão de consumo consciente na população a fim de reduzir desperdícios e estabelecer uma relação de conservação dos recursos naturais

O Programa de Universalização do acesso à Água, tem o objetivo de alcançar o princípio que a Lei Federal 11.445/2007 preconiza, relacionado à universalização do acesso a água potável, englobando ações estruturais, tanto na captação de água bruta, quanto no aumento da reservação e na capacidade de tratamento do sistema, além de ações para redução dos níveis de perdas no sistema. Assim, os projetos e ações estão diretamente relacionadas às questões de: ampliação da cobertura, adoção de tecnologias apropriadas, regulação dos serviços, melhoria da infraestrutura, entre outros.

A universalização é um dos princípios das Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico, assegurando o acesso de toda a população, seja esta urbana ou rural. Dessa maneira, as ações propostas visam atender à demanda da população, e atingir a universalização do abastecimento de água potável no horizonte de 20 anos. Nesse sentido, este programa tem o objetivo de implantar projetos e ações que atinjam as metas para minimizar os déficits de oferta apresentados no município.

Variáveis utilizadas na mensuração de Perdas

Para contabilizar as perdas inerentes ao sistema de abastecimento de água da EMASA utilizou-se um recorte temporal referente ao ano de 2018. Para tanto foi utilizado um rol de dados que partem desde a captação, passando pelo tratamento e finalizando no volume distribuído.

Sobre a capacidade de atendimento da empresa, percebeu-se que a mesma atende a 98% da população urbana e 100% da população residentes nos dois distritos rurais, Mutuns e Itamaracá. A população abastecida em 2018 foi de 207.783 residentes, distribuídas em 67.742 ligações.

O volume total de água produzido em 2018 pelo sistema da EMASA foi de 15.112,612m³, distribuídos entre as estações Principal (13.995,76m³), Nova Ferradas (1.077,00m³), Mutuns (25.944m³) e Itamaracá (13.908m³). Além disso a empresa distribuiu no ano de 2018, 11.984,00m³ de água tratada.

No que concerne aos usos próprios, o consumo registrado em todas as unidades citadas anteriormente foi de 482.600m³ o que representou 3,19% do volume de água registrado na entrada anual dos sistemas.

Em relação ao consumo micromedido, a EMASA registrou 7.049.960m³ no ano de 2018 e 2.493.570m³ referente ao consumo não medido, mas faturado. Além disso outros 11.984m³ foram redirecionados para consumos alternativos como carro pipa e tanque comunitário (EMASA, 2018).

Sobre o volume de água perdido por vazamentos, a empresa informou que realizou em 2018 17.650 serviços de manutenção de rede. Destes, segundo instruções da própria calculadora do IWA representa 34,42% do cômputo



geral das perdas. Isso porque, segundo dados da empresa a maior representatividade das perdas são aquelas não aparentes ou, também chamadas de perdas comerciais. (EMASA 2018)

O modelo IWA para dimensionamento e Controle de Perdas

Buscando responder o objetivo proposto, alguns passos foram necessários para aplicação do modelo de mensuração de perdas. Neste sentido a metodologia adotada nesta pesquisa foi seguindo os preceitos técnicos da *International Water Association* – IWA.

Neste método são levados em consideração, basicamente, a entrada da água no sistema (volume tratado) e calculada com os volumes distribuídos e suas derivações. Além disso o modelo requer variáveis comerciais e operacionais já citadas anteriormente.

Já sobre a organização dos dados, organizou-se com input e output nos sistemas de modelagem, inserindo as variáveis com menor margem de erro possível, pois quanto maior a confiabilidade dos dados, melhor os resultados para tomada de decisão.

No Quadro 1 está representado o escopo de quais informações foram utilizadas para alimentar o modelo os sistemas de controle de perdas, comumente aplicados no mercado e, por sua vez, a premissa base do Modelo IWA.



Quadro 1: Informações preenchidas em sistemas de modelagem BH

	Consumo autorizado	Consumo autorizado faturado	Consumo faturado medido (incluindo água exportada)	Água faturada
			Consumo faturado não medido	
Água entrada no sistema	Consumo autorizado	Consumo autorizado não faturado	Consumo não faturado medido	Água não faturada (perdas comerciais)
			Consumo não faturado não medido	
	Perdas de água	Perdas aparentes	Uso não autorizado	
			Erros de medição	
		Perdas reais	Perdas reais nas tubulações de água bruta e no tratamento	
			Perdas reais nas tubulações de adução	
			Perdas reais nas redes de distribuição	
			Perdas reais nos ramais	
	Perdas reais e extravasamentos nos reservatórios			

Fonte: IWA (TARDELLI FILHO, 2016).

É oportuno destacar que o modelo ora apresentado é considerado de fácil aplicação e com a demanda de informações não complexas. Com isso, optou por utilizá-lo, sobretudo, por ser consagrado na maioria das companhias de saneamento no Brasil. Por isso, seus resultados tendem a propiciar, quando controlado, uma melhora na eficiência do sistema de abastecimento de água, o aumento da receita operacional da empresa, além de contribuir de forma eficaz com o gerenciamento dos mananciais onde captam as águas.

Neste sentido, o impacto na redução de águas captadas é, sem dúvida, um expoente a ser buscado por todos as companhias de saneamento no Brasil, dado a necessidade de reduzir o volume captado e, bem como evitar maiores custos com a cobrança pelo uso da água realizado por agências de bacia.

Portanto, quanto menor o volume captado e maior a eficiência na distribuição, menor será o índice de perdas. Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS (2017) a perda de água, ainda é a maior vilã quando o assunto é abastecimento. Dados do próprio SNIS revelaram que quase 40% da água coletada e tratada foi perdida durante este ano.

A Aplicação do Modelo IWA

A Figura 1 apresenta os resultados obtidos com a inserção das variáveis requeridas pelo modelo IWA. Como já informado, todas as variáveis são correspondentes ao exercício 2018. Portanto, não foi realizado comparativos pretéritos.



Figura 1: Resultados obtido na simulação do Modelo IWA

SISTEMA:		ETA PRINCIPAL E ETA FERRADAS			
CALCULADORA DE BALANÇOS HÍDRICOS - PARA SER USADA EM SIMULAÇÕES RÁPIDAS Estimativa de perdas aparentes para obtenção de perdas reais somente números em vermelho correspondem a dados de entrada					
População abastecida:	207.783	Número de ligações reais de água:	67.742		
Consumo per capita efetivo (total entregue) (L/hab/dia)	137,3	Tempo médio de abastecimento (horas / dia):	18,00		
Volume de Entrada Anual	CONSUMO AUTORIZADO	Consumo Autorizado Faturado	Consumo Micromedido	Origem:	Volume de Água Faturada
		9.543.530 m ³ /ano	7.049.960		
611 L/hab/dia	406 L/hab/dia	386 L/hab/dia	Consumo Não Medido (estimado)	% do VE:	Volume de Água Não Faturada (Perdas de Faturamento)
199 L/hab/dia	132 L/hab/dia	126 L/hab/dia	2.493.570		
479 L/s	316 L/s	Consumo Autorizado Não Faturado	Usos Próprios	0,08%	177 L/s
15.112.612 m ³ /ano	10.038.114 m ³ /ano	494.584 m ³ /ano	482.600	% do VE:	
		20,00 L/hab/dia	11.984	% do VE:	36,85%
		6,52 L/hab/dia	Submedição	% do Vol Cons	
	Volume de Perdas de Água	TOTAL DE PERDAS APARENTES	377.836	Fraudes e clandestinos	% do VE
		377.836 m ³ /ano	3,76% % do Consumo Autorizado	0	
		5 L/hab/dia	5,074.488 m ³ /ano	TOTAL DE PERDAS REAIS	% da PR
		15 L/hab/dia	295 L/hab/dia	4.696.662 m ³ /ano	
		% de PA em relação ao total: 7,45%	67 L/hab/dia	253 L/hab/dia	% da PR
			33,58 % do VE	1,64 M ³ /km rede.hora QSP	
				31,08% % do VE	46.967
				31,08% % do VE	
				Ext. Rede (km)	
INDICADORES DE DESEMPENHO					
PRAI - PERDAS REAIS ANUAIS (NE VITÁVEIS) (m ³ /ano)		688.751			
IVI - ÍNDICE DE VAZAMENTO NA INFRAESTRUTURA		6,82			
OBSERVAÇÕES:					
1 Perdas aparentes referem-se a basicamente à submedição de consumos, falhas de cadastro e fraudes nas ligações e hidrômetros.					
2 Nesta abordagem de balanço hídrico, perdas reais correspondem a vazamentos em reservatórios, redes e ramais nos sistemas distribuidores.					
3 Do balanço hídrico completo, transpor os dados para esta planilha					
4 A quantidade de ligações reais de água inclui todos os ramais efetivamente pressurizados					

Fonte: Adaptação modelo IWA, dados EMASA 2018

Naquilo que se refere ao índice de perdas na operação, leva-se a frisar que o escore obtido na simulação, aqui chamado de “usos próprios” (3,19%) posicionou-se acima da média nacional. Isso acontece quando comparado a resultados obtidos por outros sistemas de tratamento de água que é de 2,5% (COELHO, 1983).

O uso das águas de serviço no Brasil, segundo Coelho (1983), pode variar de 1,0 a 3,0% na lavagem de decantadores e, para lavagem dos filtros este número pode variar de 1,5 a 4,5% do uso da água, isso também a depender da companhia e região do país.



II Seminário Estadual de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

Tema: Inovação Tecnológica e de Gestão
para enfrentar os desafios do milênio

OUTUBRO 2019
VITÓRIA-ES

Já as Perdas Aparentes – PA representaram, segundo o modelo, 7,45% em relação ao total do volume produzido. Quando somado as perdas de sistema (3,19%) com as PA's (7,45%) obtém-se um escore total de 10,64% de água não utilizada e não faturada. Além disso, há ainda um percentual relacionado as perdas não faturadas e não contabilizadas, mas consumidas de forma irregular. Este percentual, conforme o modelo apresentado pontuou escore 0 (zero) em decorrência da indisponibilidade de informações concretas para a sua mensuração.

De qualquer forma, segundo a EMASA, o volume desviado das redes de distribuição e consumido de forma clandestina, não deve ultrapassar mais de 5% do total produzido. De modo geral o índice final de perdas apontado pelo modelo IWA para a EMASA ficou em 36,85%. Esse resultado é considerado satisfatório quando comparado aos índices nacionais que podem chegar até 55,1% em algumas regiões do país SNIS (2018). A Figura 2 apresenta um posicionamento de cada região do Brasil em relação ao índice de perdas na distribuição dos prestadores de serviços participantes do SNIS em 2017, segundo macrorregião geográfica e média do Brasil.

Realização



ABES
Seção Espírito Santo

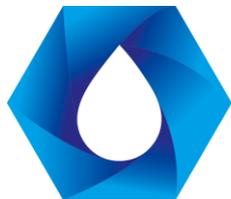
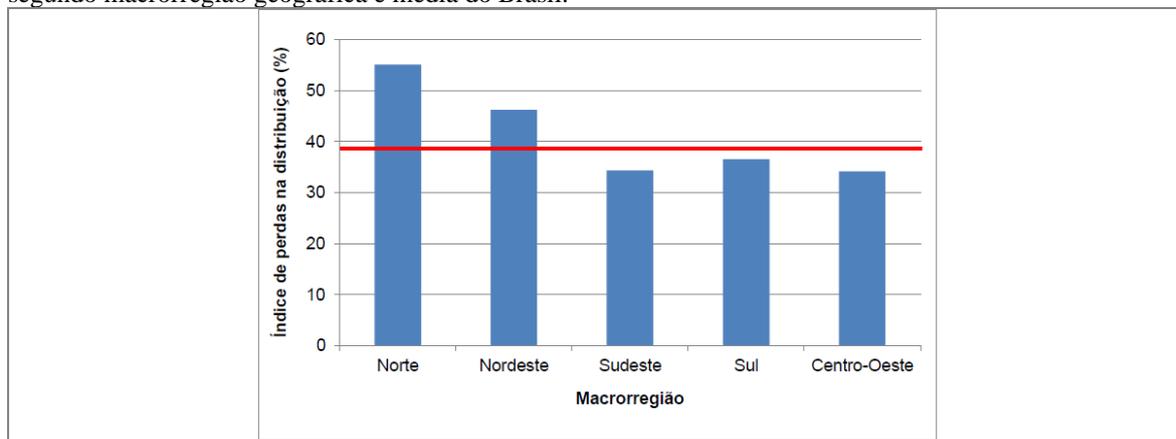


Figura 2: Índice de perdas na distribuição dos prestadores de serviços participantes do SNIS em 2017, segundo macrorregião geográfica e média do Brasil.



Fonte: SNIS (2017).

Segundo o SNIS (2017) o melhor resultado obtido pelos prestadores de serviços participantes do SNIS em 2017, foi de 34,1%. Portanto, a EMASA, segundo o modelo em teste posicionou-se apenas 2,75% atrás do resultado. Todavia, cabe destacar que esta comparação não pode ser utilizada de forma isonômica porque trata-se de duas metodologias distintas, o que, via de regra tendem a sofrer variação conforme ênfase dada em cada modelo.

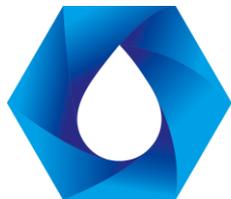
Não obstante, o percentual obtido pela EMASA, conforme relatos obtidos na própria empresa, representa um marco quando comparado aos índices históricos publicados pelo SNIS em 2011, 2012, 2013, 2014 e 2015 apresentavam escores superiores a 45% chegando, em 2013, 54,4% de perdas totais. Portanto, percebe-se que há algum mecanismo de controle, não identificado pela pesquisa, que tenha contribuído para a obtenção deste resultado apresentado no modelo IWA.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Visto os resultados apresentados e, sobretudo considerando a metodologia aplicada, percebeu-se que apesar da pouca hidrometração (cobertura de hidrômetros por ligação de água) praticada pela EMASA, conferiu-se um índice de perdas próximo aos melhores escores divulgados no Brasil. Isso pode-se levar a duas análises:

- a) a primeira que a EMASA possa não ter estimado com maior precisão o volume de água perdido em vazamentos e quebraamentos de redes e ramais. Isso implicaria em subdimensionamento.
- b) Outro aspecto é que a empresa, apesar de não possuir elevado índice de micromedição pode superestimar e faturar volumes superiores ao real. Isso impactaria de forma positiva nos resultados de perdas.

Portanto, independente dos motivos que possam ter levado ao excelente resultado, deve-se frisar que estes dados são operacionais e utilizados pela empresa para a sua tomada de decisão. Dessa forma, apresentam-se como reais e fundados no exercício de sua atividade. O fato de possuir uma faixa da cidade em caráter intermitente não prejudicou a análise, pois, considerando a gestão dos indicadores disponíveis na empresa e, o acesso a informações gerenciais foi possível traduzir ao sistema variáveis que porventura pudessem distorcer o resultado final, a exemplo do tempo de abastecimento.



Ao finalizar a pesquisa verificou-se que o método proposto para avaliação das perdas em sistemas de abastecimento de água, Modelo IWA, é de fácil obtenção e manipulação dos dados. Por oferecer variáveis não complexas e de fácil mensuração, tornou-se possível sua emulação para atendimento dos objetivos previstos.

Sobre os resultados alcançados, observou-se que, apesar de ser um modelo já consolidado e muito difundido em companhias de saneamento pelo mundo, ainda é passível de questionamentos, sobretudo, quanto ao que se refere às perdas reais.

O modelo em questão traz apenas uma mensuração que, em muitos casos, é alvo de questionamento por alguns operadores de sistema. Mesmo assim, essa observação não anula ou inviabiliza a efetividade e a praticidade do modelo, haja vista, que modelos mais complexos e que demandam um maior número de variáveis, também, apresentam inconformidades e/ou críticas no seu arcabouço metodológico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - ABES - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água: Diagnóstico, Potencial de Ganhos com sua Redução e Propostas de Medidas para o Efetivo Combate, 2013.
- 2 - ALEGRE, H.; HIRNER, W.; BAPTISTA, J.M.; PARENA, R. Indicadores de desempenho para serviços de água: manual de boa prática. Versão. London : IWA Publishing, 2000. 160 p.
- 3 - ALVES, W.C.; COSTA, A.J.M.P., GOMES, J.S.; NILDA, O.I. **Programa Nacional De Combate Ao Desperdício De Água – PNCDA**. D2 Macromedição (Versão Preliminar). Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento. Secretária de Política Urbana, 1999a. 48p.
- 4 - ALVES, W.C.; COSTA, A.J.M.P., GOMES, J.S.; PEIXOTO, J.B.; LEITE, S.R. **Programa Nacional de Combate Ao Desperdício De Água – PNCDA**. D3 Micromedição (Versão Preliminar). Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento. Secretária de Política Urbana, 1999b. 101p.
- 5 - BAGGIO, M. **Como Formular e Executar Estratégia de Combate às Perdas, com Foco em Resultados?** 1º Seminário Nacional de Gestão e Controle de Perdas de Água - ABES, Porto Alegre, 2015.
- 6 - COELHO, A.C. Medição de água e controle de perdas. Rio de Janeiro: ABES / BNH, 1983
- 7 - CONEJO, J. G. L.; LOPES, A.R.G.; MARCKA, E. **Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – PNCDA. C3. Medidas de Redução de Perdas. Elementos para Planejamento**. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento. Secretária de Política Urbana, 1999b.
- 8 - EMASA S/A – Empresa Municipal de Água e Saneamento. Relatório Anual de Atividade- ano 2018, disponível em <<http://emasaitabuna.com.br>>. Consultado em 22 de fevereiro de 2019.
- 9 - FREITAS, Valdemir Viana. **Controle e Redução de Perdas em Sistemas de Distribuição de Água: Contribuição na Preservação dos Mananciais de São Paulo**. 2010, 156 fls. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) - Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza. São Paulo, 2010.
- 10 - KINGDOM, B.; et al. **The Challenge of Reducing Non-Revenue Water in Developing Countries – How the Private Sector Can Help: A Look at Performance-Based Service Contracting**. Banco Mundial. 2006.



II Seminário Estadual de
**Recursos Hídricos e
Saneamento Ambiental**

Tema: Inovação Tecnológica e de Gestão
para enfrentar os desafios do milênio

OUTUBRO 2019

VITÓRIA-ES

11 - SILVA Jr., E. G. e CABRAL, R. C. **Indicador de Vulnerabilidade da Infraestrutura - Uma Proposta para o Diagnóstico e Tomada de Decisões no Combate às Perdas Reais**, Revista Saneas, AESABESP, nº 55, Abril a Julho de 2015.

12 - SNIS - **SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO**. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – Base 2017

13 - THORNTON, J. Water Loss Control Manual. New York: Mc Graw-Hill, 2002. p.161- 169.

Realização _____





USO E COBERTURA DAS TERRAS NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO AMORIM NO MUNICÍPIO DE MUNIZ FREIRE, ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Caio Henrique Ungarato Fiorese⁽¹⁾

Graduando em Engenharia Ambiental pelo Centro Universitário São Camilo (ES).

Endereço⁽¹⁾: Rua Alvino Marques, 195 – Vila Barbosa - Castelo - ES - CEP: 29360-000 - Brasil - Tel: (28) 99951-7139 - e-mail: caiofiorese@hotmail.com

RESUMO

A ação humana tem provocado diversas alterações no que tange à cobertura vegetal da superfície terrestre, sendo que a carência de um planejamento ambiental adequado nas terras pode provocar vários impactos ambientais negativos. O objetivo desta pesquisa foi avaliar o uso de solo na sub-bacia hidrográfica do Córrego Amorim no município de Muniz Freire/ES, bem como propor sugestões para melhorias no local estudado. A base de dados utilizada foi o GEOBASES, que forneceu dois arquivos acerca do uso de solo para o estado do Espírito Santo referente aos mapeamentos feitos nos anos 2007-2008 e 2012-2015. No programa ArcGIS®, foi delimitada a micro-bacia, e foram adicionados os arquivos que, através dos recursos de edição, foi possível identificar e quantificar, em m², as classes de uso das terras para o local. Os percentuais de área foram obtidos em planilha do Excel. A micro-bacia não é efetivamente urbanizada, no entanto, há grande predominância de pastagem, mesmo apresentando pequena redução no período. A cobertura florestal observada teve valor baixo, porém, apresentou pequeno aumento provavelmente devido à atuação dos programas estaduais de reflorestamento, ao passo que há boa predominância da cafeicultura e houve grande crescimento da silvicultura de eucalipto. A preocupação quanto à qualidade ambiental desta micro-bacia hidrográfica é iminente. Trabalhos de educação ambiental, reflorestamento das Áreas de Preservação Permanente e incentivo à produção agroflorestal em detrimento à monocultura são medidas para melhorar a qualidade ambiental e de vida na sub-bacia hidrográfica do Córrego Amorim.

PALAVRAS-CHAVE: Ação Antrópica, Impactos Ambientais, Planejamento Ambiental, Sistema de Informação Geográfica, Sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

As condições decorrentes do espaço geográfico nos âmbitos rural e urbano têm gerado vários problemas relacionados à utilização dos recursos naturais (CRISPIM; SOUZA, 2016) que, assim como o meio ambiente terrestre, estão em mudanças contínuas devido a ação antrópica, devendo se atentar a essas mudanças em busca do monitoramento e medidas de planejamento dos fenômenos que provocam tais acontecimentos (MELO et al., 2017).

A alteração no uso e cobertura das terras pode provocar na redução de espaços permeáveis e no consequente aumento do escoamento superficial, a exemplo do que ocorre em florestas desmatadas para uso agrícola, provocando degradação do solo e dos recursos hídricos (BERNARDI; RIGHES; BURIOL, 2015). O processo de urbanização provoca sensíveis alterações no ambiente, sendo que a escolha de uma sub-bacia hidrográfica para estudar seu processo de urbanização pode relevar como vem ocorrendo a apropriação dos seus espaços e como o poder público vem atuando para regulamentar, planejar e gerir os recursos naturais ali existentes (PENIDO; VALÉRIO FILHO; BASTOS, 2007).

Segundo May e Reis (2016), a utilização de técnicas de geoprocessamento e Sensoriamento Remoto é de extrema importância para as análises das mudanças e dinâmicas no uso e cobertura do solo, porque permitem reconstituir um espaço alterado em determinado período de tempo, possibilitando, assim, a compreensão da dinâmica da paisagem. Constituem, de acordo com Araújo Júnior e Tavares Júnior (2017), uma relevante fonte de dados da superfície terrestre, possibilitando a elaboração de mapas e facilitando a compreensão da superfície terrestre, processada em ambiente computacional.



Diante do contexto das mudanças globais dinâmicas e aceleradas, o estudo e conhecimento acerca do uso e cobertura do solo significa obter informações importantes na geração de subsídios para o monitoramento e planejamento ambiental (PAZ; VIEIRA, 2018) sendo, assim, de grande relevância estudos sobre a ocupação das terras, sobretudo a nível de bacia hidrográfica.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o uso de solo na sub-bacia hidrográfica do Córrego Amorim em Muniz Freire/ES, bem como propor sugestões para melhorias no local estudado.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foi adotado como local de estudo a sub-bacia hidrográfica do Córrego Amorim, que fica localizada no município de Muniz Freire, na mesorregião Sul do estado do Espírito Santo, possuindo aproximadamente 66,8 Km² de área e clima classificado como Aw, de acordo com a classificação de Köppen, ou seja, climas megatérmicos, com temperaturas elevadas e forte precipitação anual (MARIANO, 2014). Adotou-se este local devido à carência de estudos desta magnitude na região e por ser de grande importância na agropecuária e silvicultura, atividades estas que necessitam de adequados manejo e estudo. A Figura 1 mostra a localização desta micro-bacia.

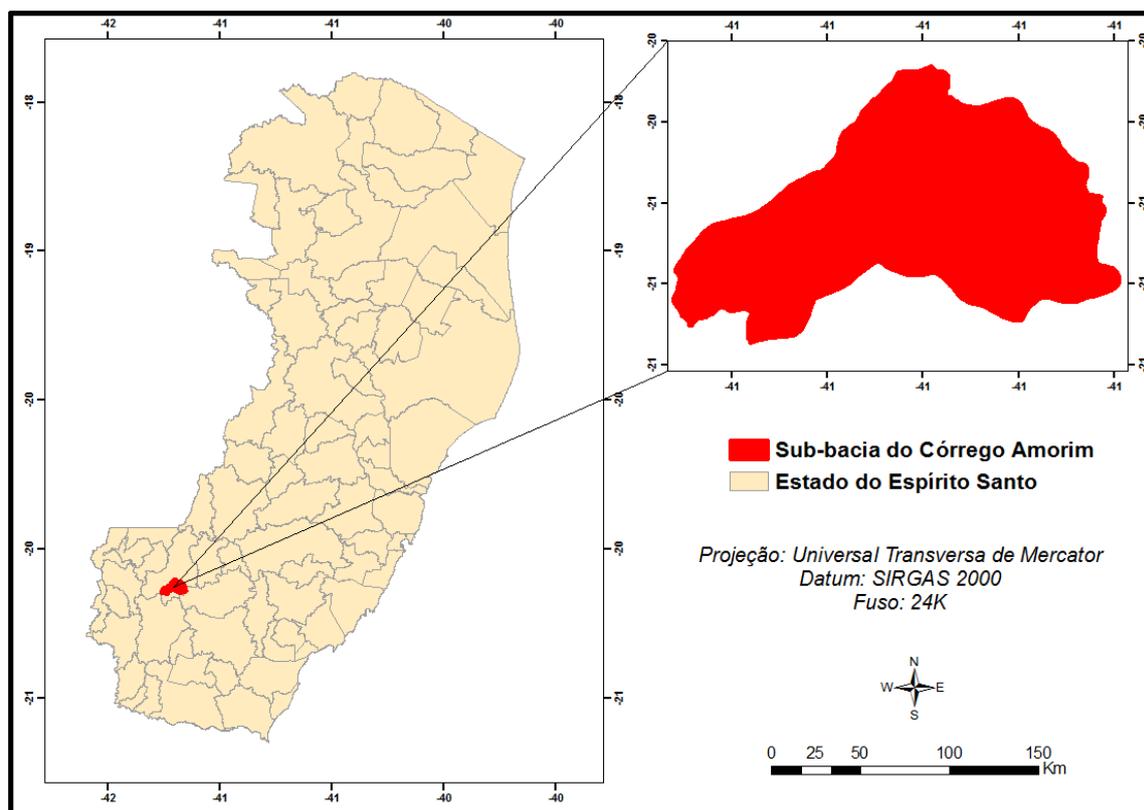


Figura 1: Localização da sub-bacia hidrográfica do Córrego Amorim.

Junto ao Sistema Integrado de Bases Geospaciais do Estado do Espírito Santo (GEOBASES), foram adquiridos dois arquivos em formato shapefile (.shp) acerca do uso e ocupação de solo para o estado do Espírito Santo nos mapeamentos realizados nos anos de 2007 a 2008 e 2012 a 2015, respectivamente. De acordo com o GEOBASES, ambos os mapeamentos foram feitos em escala igual ou melhor a 1:25000, oferecendo, assim, boa precisão para estudos em áreas maiores, como a abordada nesta pesquisa. No programa ArcGIS®, foi delimitada a micro-bacia hidrográfica estudada, conforme a metodologia utilizada por Santos,



Louzada e Eugênio (2010). A princípio, foi gerado um Modelo Digital de Elevação (MDE) da área estudada conforme os dados de curvas de nível adquiridos no sítio eletrônico do GEOBASES.

A partir do MDE, foram delimitados a direção e o acumulado da drenagem da região por meio dos recursos da aba *hydrology* para, em seguida, traçar a malha hidrográfica com auxílio da ferramenta *con*. Foi criado um arquivo *shapefile* representando o exutório da bacia hidrográfica estudada, sendo necessário na delimitação através da ferramenta *watershed* para, em seguida, converter o arquivo gerado para formato de polígono. Posteriormente, cada arquivo obtido no GEOBASES acerca do uso de solo foi inserido no programa.

Com auxílio do recurso *clip*, foram realizados recortes dos arquivos de uso e ocupação de solo, delimitando, assim, as informações para apenas a sub-bacia hidrográfica do Córrego Amorim. Através do recurso *summarize* e das informações da tabela de atributos, foi possível identificar e quantificar a área, em metros quadrados (m²) e em porcentagem (%), de cada classe de uso das terras desta micro-bacia. Os percentuais das classes foram obtidos por meio de cálculos feitos em planilha do Excel. No intuito de analisar a distribuição das classes, também foram montados dois mapas temáticos da área para os períodos dos mapeamentos considerados.

Para observar a realidade desta micro-bacia, foi feita uma breve visita de campo percorrendo as principais estradas vicinais da bacia, com objetivo de registrar, por meio de imagens fotográficas, a situação e os problemas ambientais que ocorrem nesta região. Ao findar dos procedimentos, os dados obtidos foram criteriosamente estudados com base nos conhecimentos dos autores deste trabalho e por meio da literatura considerada.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A delimitação do solo dentro de sua capacidade de suporte é de grande importância no planejamento socioeconômico das atividades agrícolas, industriais e ambientais, sendo que a demanda por alimentos e urbanização acelerada provocam alterações significativas nos sistemas de produção rural, prevalecendo o monocultivo e usufruindo ao máximo possível a capacidade de suporte do solo (SILVA; SILVA, 2017).

As Tabelas 1 e 2 mostram a área, em metros quadrados (m²) e porcentagem (%), respectivamente, para os mapeamentos dos anos 2007-2008 e 2012-2015.

Tabela 1: Uso e ocupação das terras, em metros quadrados (m²), em cada mapeamento estudado.

CLASSES	ÁREA (M ²) – 2007-2008	ÁREA (M ²) – 2012-2015
Afloramento rochoso	2.363.592,35	2.491.836,84
Brejo	617.286,41	77.127,67
Campo rupestre/altitude	66.137,83	46.843,97
Cultivo agrícola – banana	0,00	35.676,93
Cultivo agrícola – café	10.925.435,09	10.035.882,55
Outros cultivos permanentes	261.211,03	428.169,64
Outros cultivos temporários	461.628,69	558.705,35
Extração (Mineração)	10.020,88	8.463,59
Macega	3.196.661,79	2.968.351,78
Mata nativa	9.354.160,58	9.560.681,5
Mata nativa em estágio inicial de regeneração	3.484.595,17	3.717.531,88
Pastagem	33.973.466,79	33.458.551,88
Eucalipto	338.037,80	1.154.675,66
Solo exposto	386.138,04	411.927,81
Outras classes	1.367.516,55	1.851.461,95



Tabela 2: Percentual (%) das classes de uso de solo, em cada mapeamento estudado.

CLASSES	ÁREA (%) – 2007-2008	ÁREA (%) – 2012-2015
Afloramento rochoso	3,538	3,730
Brejo	0,924	0,115
Campo rupestre/altitude	0,099	0,070
Cultivo agrícola – banana	0,000	0,053
Cultivo agrícola – café	16,354	15,022
Outros cultivos permanentes	0,391	0,641
Outros cultivos temporários	0,691	0,836
Extração (Mineração)	0,015	0,013
Macega	4,785	4,443
Mata nativa	14,002	14,311
Mata nativa em estágio inicial de regeneração	5,216	5,565
Pastagem	50,854	50,083
Eucalipto	0,506	1,728
Solo exposto	0,578	0,617
Outras classes	2,047	2,771

Não foi possível identificar, nos mapeamentos, a presença de edificações, mostrando, assim, a característica de ser uma região de baixa urbanização. A presença de casas é relativamente baixa, estando enquadrada em outras classes. Durante o período considerado, observa-se que houve um pequeno aumento (pouco inferior a 4%) das áreas de mata nativa e mata nativa em estágio inicial, o que representa um fator positivo mediante à pequena percentagem de área dessas classes em relação à toda a micro-bacia. A cobertura florestal, segundo Tambosi et al. (2015), tem diferentes funções eco-hidrológicas, tanto voltadas na recarga de aquíferos em topos de morro quanto na redução do escoamento superficial, contenção da erosão e proteção de corpos hídricos. O aumento das áreas de floresta pode ser atribuído à atuação de programas estaduais de reflorestamento, como o Reflorestar (ESPÍRITO SANTO, 2018).

A classe mais predominante em ambos os mapeamentos foi a pastagem, com alta representatividade (mais de 50% da área total). Somadas, as classes pastagem e café representaram pouco mais de 75% nos dois mapeamentos, indicando, assim, alta potencialidade da atividade agropecuária na região. As maiores áreas de pasto também foram vistas em outros estudos, como o na bacia hidrográfica do Córrego Barbosa (44,3% de área, segundo Chuerubim e Pavanin (2013)) e na bacia do Ribeirão Cambuí (índices superiores a 48% de pastagem + pasto sujo, segundo Belisário, Ribeiro e Valério Filho (2015)). A Figura 2 representa um registro de pastagem nesta micro-bacia, bem como mostra, em destaque, a degradação do solo.



Figura 2: Predominância de pastagem em um dos locais da micro-bacia, inclusive em APP de curso hídrico.



Contudo, as áreas de pasto provocam uma série de impactos ambientais negativos, tais como: perda da cobertura vegetal, redução do teor de matéria orgânica do solo, compactação, ausência de aeração do solo, diminuição do volume de água infiltrado e, até mesmo, emissão de gases do efeito estufa, devido à redução da matéria orgânica do solo e à consequente redução das formas de vida ali existentes (PAULINO et al., 2012). Na sub-bacia hidrográfica do Córrego Amorim, este problema se torna ainda mais agravante quando os terrenos de pasto não são devidamente manejados, potencializando ainda mais a degradação do meio natural desta região, diante de alto percentual de pastagens observado.

As áreas de agricultura são outro ponto forte na região, com destaque para o cultivo do café que, mesmo tendo apresentado um declínio, possui expressiva representação. No entanto, ainda na região destaca-se o monocultivo, conforme mostra a Figura 3.



Figura 3: Área com monocultura de café, em contraste com pastagem e solo exposto.

A cafeicultura é uma atividade de grande importância econômica no município local (Muniz Freire) e municípios vizinhos, porém, segundo Lopes et al. (2014), muitos impactos ambientais foram provocados ao longo da implantação dos monocultivos como, por exemplo, danos à biodiversidade animal e vegetal, destruição da mata ciliar e contaminação dos recursos hídricos com produtos agroquímicos. Lopes et al. (2014) propõem a cafeicultura ligada a um sistema agroflorestal que, segundo os autores, proporciona aos agricultores uma grande oportunidade de alcançar mercados diferenciados e agregar valor ao café comercializado, melhorando também a qualidade de vida das pessoas incluídas.

A cultura do eucalipto teve aumento significativo (pouco mais que triplicou) no período considerado, fato atribuído ao declínio do cultivo de café e das áreas de macega e brejo. A silvicultura do eucalipto, apesar de ter grande importância econômica, provoca impactos ambientais negativos, sobretudo em épocas logo após o plantio como, por exemplo, exposição do solo e a consequente erosão e perda de nutrientes por lixiviação, evasão de espécies nativas, compactação do solo e supressão da vegetação nativa (MOLEDO et al., 2016). Contudo, em comparação com uma área de pasto e quando implantada nela, o cultivo de eucalipto apresenta impactos mais benéficos como, por exemplo, aumento da matéria orgânica e minimização da erosão do solo, quando os indivíduos atingem tamanhos maiores. Porém, o cultivo em massa do eucalipto não ajuda a melhorar a qualidade ambiental da referida micro-bacia, tendo em vista as pequenas áreas de vegetação florestal existentes.

Com relação às outras classes, destaque para a redução das áreas de macega e brejo, principalmente. De acordo com Reis, Silva e Ribeiro (2016), a ação antrópica sobre brejos provoca como consequências como, por exemplo, a retirada da vegetação ciliar, assoreamento de cursos hídricos, poluição e erosão do solo. Dessa forma, a redução das áreas de brejo pode ser atribuída ao aumento de outras classes, como a de cultivos agrícolas e de eucalipto, representando um fator preocupante, tendo em vista que o brejo é uma forma de vegetação existente próxima a cursos hídricos e contribui, assim, na permeabilização da água pluvial no solo, alimentando nascentes e outros mananciais.

As Figuras 4 e 5 mostram, respectivamente, representação em mapa temático do uso de solo acerca dos mapeamentos dos anos 2007-2008 e 2012-2015, respectivamente.

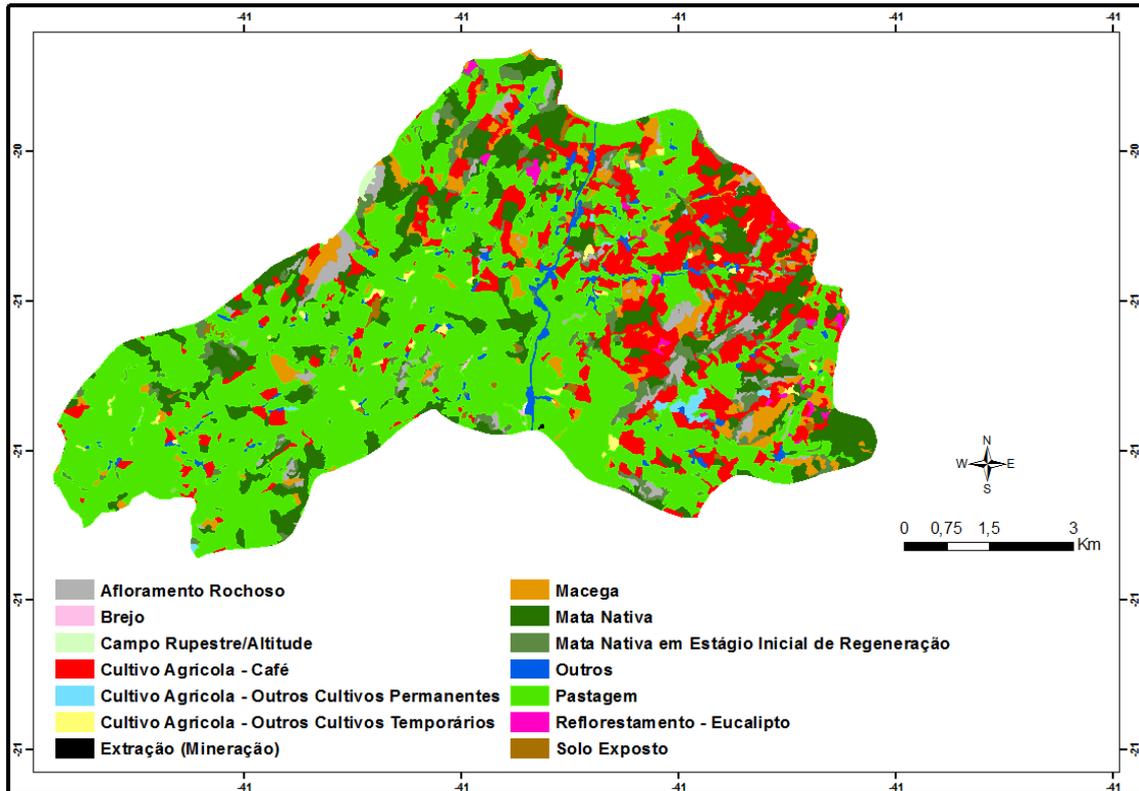


Figura 4: Uso e ocupação de solo referente ao mapeamento dos anos 2007-2008.

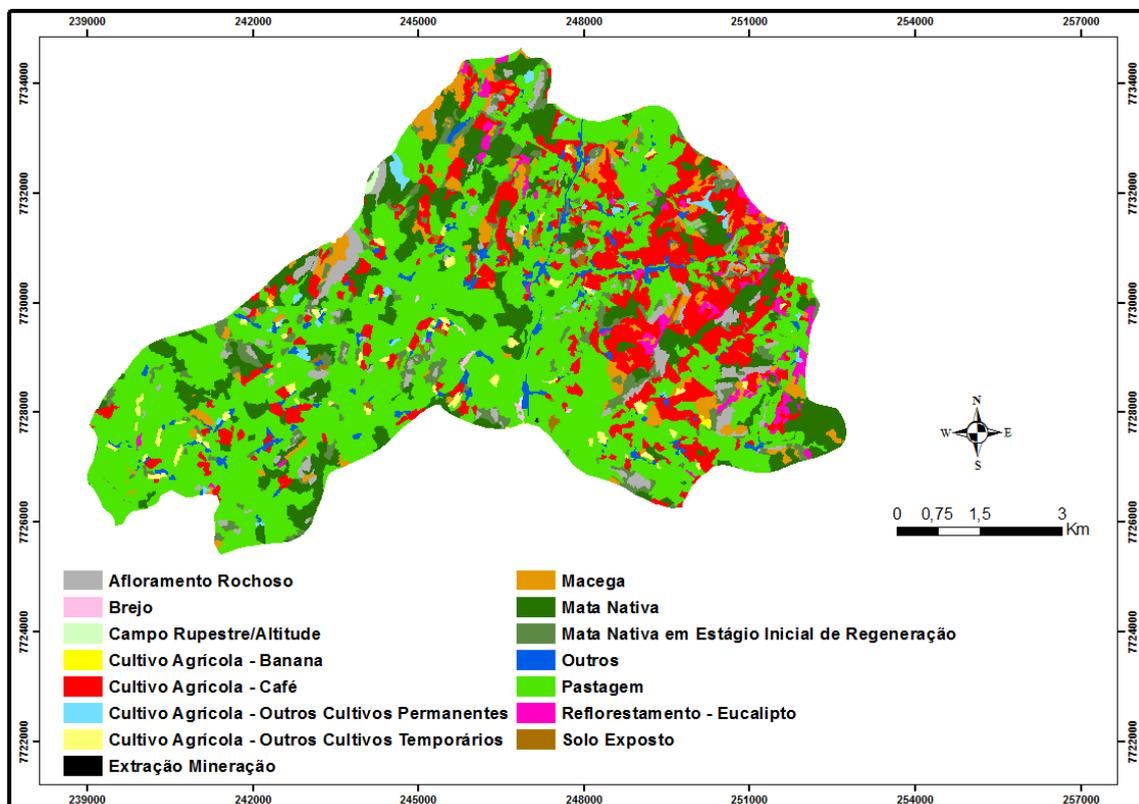


Figura 5: Uso e ocupação de solo referente ao mapeamento dos anos 2012-2015.



É perceptível a grande predominância de pastagens ao longo da microbacia, sobretudo na porção oeste, ao passo que as áreas de café estavam mais concentradas na porção leste da área. Porém, as classes mata nativa e mata nativa em estágio inicial de regeneração, em ambos os mapeamentos, estavam um tanto fragmentadas em algumas áreas, havendo, inclusive, fragmentos próximos que não estavam interligados com os chamados corredores ecológicos. A técnica desses corredores, segundo Bagliano e Luiz (2013), é importante para facilitar o trânsito de espécies que estão alojadas em fragmentos florestais, permitindo a conexão nessas áreas entre espécies e garantindo a reprodução das mesmas.

Na sub-bacia hidrográfica do córrego Amorim, a implantação de corredores ecológicos seria uma medida interessante a ser adotada, tendo em vista que, quanto maior a área do fragmento, maior é também a densidade e a dominância de várias espécies, além de florestas mais bem conservadas e com menor influência das bordas (SCHAADT; VIBRANS, 2015). A fragmentação florestal, de acordo com Perondi, Rosa e Murara (2018), traz como consequências a redução do número de espécies animais e outras profundas mudanças na dinâmica da população da fauna e flora locais.

A silvicultura do eucalipto, estando mais concentrada na direção leste da bacia hidrográfica, apresentou grande crescimento. As novas áreas de eucalipto, como visto nos mapeamentos, passaram a predominar, em maior escala, nos cultivos de café, atribuindo, assim, boa parte da redução da cafeicultura ao aumento do plantio de eucalipto.

CONCLUSÕES

Diante das principais classes de uso de solo analisadas, a preocupação quanto à qualidade ambiental da sub-bacia hidrográfica do Córrego Amorim é iminente. Apesar de ser uma região muito pouca urbanizada, sofre principalmente com as grandes áreas de pastagem existentes, sendo vulnerável a vários tipos de degradação no que concerne aos recursos hídricos locais e ao solo. No entanto, a cobertura florestal aumentou no período analisado, ao passo que a silvicultura do eucalipto teve grande aumento, mas não influi na melhoria do ambiente natural. Quanto à distribuição da classe mata nativa, em ambos os mapeamentos, algumas áreas estavam fragmentadas, em função do desenvolvimento da atividade agropecuária na região, sendo um agravante na questão da qualidade biótica.

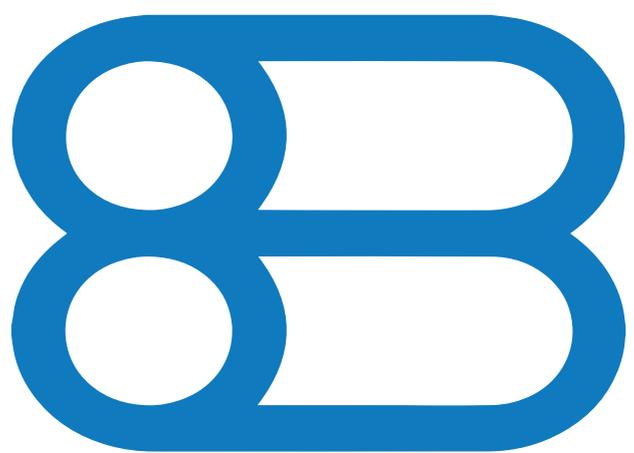
Medidas como reflorestamento das Áreas de Preservação Permanente, implantação de corredores ecológicos em fragmentos florestais próximos, maior atuação dos programas de reflorestamento, incentivo à produção agroflorestal em detrimento à monocultura e trabalhos de educação ambiental com os proprietários rurais e população em geral são fundamentais para que haja melhoria na qualidade ambiental e de vida da referida micro-bacia, minimizando, assim, a potencialidade dos impactos ambientais negativos na região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARAÚJO JÚNIOR, A. C. R.; TAVARES JÚNIOR, S. S. Uso e cobertura do solo para o planejamento urbano, Boa Vista, Roraima, Brasil. Boletim Goiano de Geografia, Goiânia, v. 37, n. 1, p. 36-55, jan./abr. 2017.
2. BAGLIANO, R. V.; LUIZ, F. Fragmentação florestal retratado como perda da biodiversidade sobre os princípios científicos dos códigos florestais brasileiro. Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade, v. 3, n. 2, p. 67-79, jan./jun. 2013.
3. BELISÁRIO, P. R.; RIBEIRO, M. R.; VALÉRIO FILHO, M. Análise da dinâmica do uso e ocupação do solo e suas implicações com o zoneamento do solo urbano na bacia do Ribeirão Cambuí, São José dos Campos - SP. XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. 2015. Anais. João Pessoa PB, 2015.
4. BERNARDI, E. C. S.; RIGUES, A. A.; BURIOL, G. A. Impacto do uso e cobertura do solo no deflúvio do rio Conceição, RS. *Disciplinarium Scientia*, Santa Maria, v. 16, n. 1, p. 357-370, 2015.
5. CHUERUBIM, M. L.; PAVANIN, E. V. Análise do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Córrego Barbosa no ano de 2011. *GEOUSP – espaço e tempo*, São Paulo, n. 33, p. 229-238, 2013.
6. CRISPIM, A. B.; SOUZA, M. N. Degradação, impacto ambiental e uso da terra em bacias hidrográficas: o contexto da bacia do Pacoti/CE. *ACTA Geográfica*, Boa Vista, v. 10, n. 22, p. 17-33, jan./abr. 2016.
7. ESPÍRITO SANTO. Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Atlas da mata atlântica do estado do Espírito Santo: 2007-2008/2012-2015. Cariacica: IEMA, 2018. 252 p.



8. GEOBASES. IEMA – mapeamento ES – 2012-2015. Disponível em: <<https://geobases.es.gov.br/links-para-mapas1215>>. Acesso em: 20 jan. 2019.
9. LOPES, P. R. et al. Uma análise das consequências da agricultura convencional e das opções de modelos sustentáveis de produção – agricultura orgânica e agroflorestal. Revista Espaço de Diálogo e Desconexão, Araraquara, v. 8, n. 1, 2014.
10. MARIANO, G. L. Classificações climáticas. Disponível em: <<https://wp.ufpel.edu.br/glaubermariano/files/2014/01/Unidade-V-Classifica%C3%A7%C3%B5es-Clim%C3%A1ticas.pdf>>. Acesso em: 22 jan. 2019.
11. MAY, G. C.; REIS, J. T. Análise das alterações do uso e cobertura do solo no município de Centenário-RS com o auxílio do Sensoriamento Remoto, no período de 1995-2014. Ciência e Natura, Santa Maria, v. 38, n. 3, p. 1228-1237, set./dez. 2016.
12. MELO, C. G. de. et al. Mapeamento do uso e cobertura da terra do alto curso do rio Santo Anastácio utilizando imagens multiespectrais landsat 8. IX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL. 2017. Anais. Belo Horizonte MG, 2017.
13. MOLEDO, J. C. et al. Impactos ambientais relativos à silvicultura de eucalipto: uma análise comparativa do desenvolvimento e aplicação no plano de manejo florestal. Geociências, São Paulo, v. 35, n. 4, p. 512-530, 2016.
14. PAULINO, V. T. et al. Impactos ambientais da exploração pecuária em sistemas intensivos de pastagem. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 33, n. 266, p. 7-14, jan./fev. 2012.
15. PAZ, J. P. S.; VIEIRA, C. V. Evolução do uso e cobertura do solo no município de São Francisco do Sul – Estado de Santa Catarina. Boletim Paranaense de Geociências, v. 74, n. 1, p. 28-36, 2018.
16. PENIDO, A. S.; VALÉRIO FILHO, M.; BASTOS, R. A. de B. Monitoramento ambiental de bacias hidrográficas urbanizadas com suporte das geotecnologias. XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. 2007. Anais. Florianópolis SC, 2007.
17. PERONDI, C.; ROSA, K. K. da.; MURARA, P. G. dos S. Fragmentação florestal e mudanças na distribuição biogeográfica na microbacia do rio Mão Curta, Sananduva, RS. Para Onde!?, Porto Alegre, v. 9, n. 1, p. 51-74, jan./jul. 2018.
18. REIS, M. P. dos.; SILVA, M. M.; RIBEIRO, L. A. Urbanização e impactos ambientais sobre o brejo no município de Gilbués, Piauí. VII CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL. 2016. Anais. Campina Grande PB, 2016.
19. SANTOS, A. R. dos.; LOUZADA, F. L. R. de O.; EUGÊNIO, F. C. ArcGis 9.3 total: aplicações para dados espaciais. Alegre: CAUFES, 2010. 184 p.
20. SCHAADT, S. S.; VIBRANS, A. C. O uso da terra no entorno de fragmentos florestais influencia a sua composição e estrutura. Floresta e Ambiente, v. 22, n. 4, p. 437-445, 2015.
21. SILVA, P. L. F.; SILVA, A. J. Avaliação do uso e ocupação do solo no município de Pilõesinhos-PB, de 1984-2016 utilizando o geoprocessamento. REGNE, v. 3, n. 1, p. 48-63, 2017.
22. TAMBOSI, L. R. et al. Funções eco-hidrológicas das florestas nativas e o Código Florestal. Estudos Avançados, v. 29, n. 84, p. 151-162, 2015.



ABES

Seção Espírito Santo

Realização



Patrocínio



Apoio

