

SANEAMENTO AMBIENTAL

educação, gestão,
eficiência e sustentabilidade

Volume 1

ORGANIZADORES:

Jorge Sobral da Silva Maia
Mateus Luiz Biancon
Cibele Bender Raio
Nilson César Bertóli

SANEAMENTO AMBIENTAL

educação, gestão,
eficiência e sustentabilidade

Volume 1

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE DO PARANÁ

ADMINISTRAÇÃO CENTRAL

Me. Fátima Aparecida da Cruz Padoan – Reitora
Dr. Fabiano Gonçalves Costa – Vice-Reitor
Dra. Vanderléia da Silva Oliveira – Pró-Reitora de Pesquisa e
Pós-Graduação
Dr. Thiago Alves Valente – Diretor Editora UENP

CONSELHO EDITORIAL

Conselho Pleno UENP

Dr. Ilton Garcia da Costa
Dr. Luiz Fabiano Zanatta
Dr. Marcio Luiz Carreri
Dra. Marilúcia dos Santos Domingos Striquer
Dra. Teresinha Esteves da Silveira Reis

Comissão Científico-Editorial

Me. Fátima Aparecida da Cruz Padoan (UENP)
Dr. Fabiano Gonçalves Costa (UENP)
Dr. Alexandre Oliveira Fernandes da Silva (UENP)
Dra. Flávia Wegrzyn Magrinelli Martinez (UENP)
Dr. Anderson Garcia (UNIFIO)
Dr. Artur Berbel Lirio Rondina (UNIFIO)
Dr. Lucas Ribeiro Jarduli (UNIFIO)
Dr. Luciano de Moraes (Sanepar)
Me. Marcus Venicio Cavassin (Sanepar)

EQUIPE EDITORIAL

Copidesque, revisão e normatização do Texto

Equipe Executiva Editora UENP

Dra. Annecy Tojeiro Giordani
Dra. Diná Tereza de Brito
Me. Priscila Aparecida Borges Ferreira Pires
Dra. Raquel Gamero

Projeto Gráfico, Diagramação e Capa

Gustavo Nunes e Nicole de Abreu | Tikinet
Sandra Kato | Tikinet

SANEAMENTO AMBIENTAL

educação, gestão,
eficiência e sustentabilidade

Volume 1

ORGANIZADORES:

Jorge Sobral da Silva Maia
Mateus Luiz Biancon
Cibele Bender Raio
Nilson César Bertóli

Ficha catalográfica elaborada por Juliana Jacob de Andrade.
Bibliotecária da Universidade Estadual do Norte do Paraná – UENP
Campus Cornélio Procópio – PR.

S223 Saneamento ambiental: educação, gestão. eficiência e sustentabilidade.
Volume 1 /Organizadores: Jorge Sobral da Silva Maia; Mateus Luiz
Biancon; Cibele Bender Raio; Nilson César Bertóli. - Cornélio Procópio:
Editora UENP, 2020.

E-book disponível em: <https://uenp.edu.br/editora>

351 f. il. color.

ISBN: 978-65-87941-11-0

1. Saneamento ambiental. I. Título II. Jorge Sobral da Silva
Maia

CDD 628

Prefácio

O estabelecimento de uma parceria entre a Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP) e a Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar), constituiu-se num instrumento singular para indução e fomento do conhecimento na área de Saneamento Ambiental. A Especialização em Saneamento Ambiental, ofertada por meio da colaboração entre Universidade e Empresa, proporcionou a produção e reprodução do saber, com valor agregado pela expertise dos docentes da Universidade, somada ao conhecimento empírico dos pós-graduandos, funcionários da Sanepar. Todo esse arcabouço constituiu caminho exitoso e ensejou, além do aprimoramento da qualificação do corpo técnico da Companhia, a elaboração desta obra coletiva que temos em mãos.

Fruto das pesquisas mais destacáveis realizadas por estudantes da Pós-Graduação em Saneamento Ambiental, este livro corporativo, lançado pela UENP e pela Sanepar, é um importante meio para divulgação do conhecimento produzido durante o curso, o que permite transcender o seu recorte temporal, possibilitando a outros interlocutores privilegiados a possibilidade de reflexão e informação sobre os temas discutidos com legitimidade e propriedade nesta obra. Assim, esta produção materializa as contribuições da Especialização para a sociedade, pois demonstra a travessia possibilitada pelo conhecimento científico que, nesta instância do saber, busca interpretar, elucidar e trabalhar problemáticas contemporâneas, oferecendo respostas que impactam diretamente a vida das pessoas.

Contingente essencial para superação de tempos conturbados, de contextos sociais e sanitários extremamente adversos para a região na qual está inserida, a UENP tem cumprido com êxito seu papel articulador pelo desenvolvimento do Paraná, fato que podemos exemplificar por essa parceria com a Sanepar - que gerou conhecimento e aprimoramento da qualificação profissional - bem como pelo protagonismo na educação superior no Norte Pioneiro do Estado, onde tem favorecido a implementação

de condições para transformação humana, por meio do ensino superior público e gratuito. Símbolo da luta pelo conhecimento e pela igualdade de direitos, a UENP é uma Instituição regida por princípios intimamente voltados à valorização do indivíduo, comprometida com a ética, com a democracia e inclusão, com a qualidade e excelência dos serviços prestados.

Este livro nasce no ano em que a UENP completa 15 anos de história. Momento em que a Universidade Pública demonstra ainda mais sua importância e seu valor por meio da produção do conhecimento científico e de suas ações de extensão, em meio a uma pandemia em que o equilíbrio vacila e a realidade nos atordoia.

Cabe-me destacar, nestas linhas finais, que um trabalho como este – oferta de uma pós-graduação e a consequente publicação de um livro – é resultado da colaboração de muitas pessoas, sem as quais não seria possível ser realizado. Desta forma, cumprimento a todos que tiveram seus trabalhos publicados nesta obra. Parabens os pós-graduandos, pelo compromisso e comprometimento com a pesquisa, que agora se torna um registro oficial e público, fonte que deverá contribuir para reflexões e avanço de estudos sobre o tema. Agradeço ainda aos professores do curso pela dedicação, que construiu todo o êxito deste projeto. Agradeço também à Sanepar, pela parceria que possibilitou esta importante realização, que evidencia a visão da Empresa como a busca pela excelência na prestação do serviço que realiza.

Expresso aqui meu agradecimento pelo privilégio de poder prefaciar esta obra, que se enche também de um valor comemorativo. Importante meio de contribuição científica, este livro é resultado também da credibilidade das Instituições que o publicam e da reciprocidade de anseios que as uniu para realização de um bem comum. Desejo uma agradável leitura a todos!

Fátima Aparecida da Cruz Padoan
Reitora da UENP

APRESENTAÇÃO

Introdução

A PÓS-GRADUAÇÃO EM SANEAMENTO AMBIENTAL

Atualmente, no Brasil, acentuou-se o debate sobre o acesso ao saneamento, uma vez que mais de trinta milhões de pessoas não têm água tratada e perto de cem milhões simplesmente não possuem coleta de esgoto. Tais fatos evidenciam a importância de estratégias que permitam buscar soluções para esse quadro desolador no país. É nesse contexto que se insere o curso de pós-graduação *lato sensu* “Saneamento Ambiental”, fruto da parceria entre a Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP) e a Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar), aprovada pela Deliberação nº 001/2018 do Conselho Administrativo da UENP (CAD/UENP).

Essa pós-graduação surgiu do interesse em promover a qualificação de profissionais, visando à ampliação de seu potencial intelectual e criativo no enfrentamento de situações referentes ao desenvolvimento do saneamento no estado do Paraná, beneficiando, assim, sua população.

A estruturação do curso foi possível graças ao trabalho coletivo que integrou a Sanepar, a Secretaria de Ciência, Tecnologia e Ensino Superior do Paraná (Seti – atualmente, Superintendência), a Universidade Virtual do Paraná (UVPR) e a Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP). Tal união de interesses permitiu organizar a logística para o desenvolvimento do curso, visto que as atividades presenciais ocorreram nos Polos da UVPR, que reúnem os centros de Educação a Distância das instituições estaduais de ensino superior para o desenvolvimento de projetos e cursos, com o pensamento focado na educação transformadora.

O projeto do curso e a organização dos componentes curriculares foram integralmente elaborados pelos coordenadores do

Curso em Saneamento Ambiental, na UENP, bem como a formação da equipe de professores e tutores. Contribuiu nesse processo a Coordenadoria de Educação a Distância da Universidade. Após essa etapa, o projeto foi submetido à avaliação da Sanepar e aprovado sem ressalvas. Logo em seguida, deu-se o processo de seleção dos pós-graduandos e o curso foi iniciado com quinhentos e três estudantes.

É relevante considerar que a parceria estabelecida trouxe avanços nas relações institucionais que favoreceram, além do excelente processo formativo dos profissionais da Sanepar, a qualificação para atuação com qualidade dos professores, tutores e gestores da UENP. Ainda possibilitou problematizar e propor caminhos para os diversos problemas de ordem socioambiental, tanto do estado do Paraná, quanto do Brasil e do mundo, construindo uma visão aprofundada da realidade sob a égide de uma produção científica qualificada do ponto de vista do saneamento ambiental no país.

O processo formativo realizado permitiu mostrar a relevância do saneamento ambiental em diversos aspectos em um cenário de muitas crises e dificuldades pelo qual passa a humanidade, uma vez que em vários países os problemas financeiros, sociais, políticos, migratórios somam-se aos problemas de saúde, agravados no momento pela pandemia relacionada à COVID-19 e aos problemas de ordem ecológica. Este quadro gera enorme preocupação com o ambiente, em geral, e com a qualidade da água, em particular.

No Brasil e alhures, os debates sobre essas questões se ampliam e a preocupação vai da destruição da biodiversidade, passando pela poluição dos corpos d'água, a redução da cobertura vegetal, as queimadas associadas à redução das ações preventivas para estes danos socioambientais e, também, pela expansão do modelo vigente de exploração da natureza do atual modo de se produzir a vida em sociedade, o que abala cabalmente o equilíbrio e a estabilidade dos processos biológicos de sustentação da biodiversidade, incluídos os grupos humanos.

Apesar dos inúmeros alertas e advertências da comunidade científica, parece que estamos longe de atingir o consenso da gravíssima condição de nossa civilização e, ao que parece, o mirífico conjunto de proposições da economia verde, do desenvolvimento sustentável e das diversas estratégias colocadas no debate não se mostraram eficientes para a superação necessária destes elementos de degradação do ambiente e da qualidade de vida das populações humanas.

Parece, portanto, necessário que estratégias sejam propostas para que consigamos dar respostas satisfatórias para a problemática civilizacional contemporânea, as quais considerem as múltiplas determinações que compõem os fenômenos, sejam eles ambientais, sociais, econômicos, sejam políticos, uma vez que estão intrinsecamente associados. Essas estratégias necessitam considerar fatores da organização societária como a saúde pública, a infraestrutura nacional, a questão da redução da desigualdade material entre as classes sociais, o fomento à economia como foco na redução dessa desigualdade.

Entendemos que, para alcançar estes objetivos, são absolutamente necessárias ações, tais como a ampliação do processo formativo das populações para que reconheçam e compreendam a importância da questão ambiental na atualidade, já que estamos mesmo no limiar quase irreversível desta problemática, bem como a ampliação do quadro formativo de profissionais que atuam nas várias instâncias, sejam elas governamentais, privadas, sejam do terceiro setor, para que, além de desempenharem seu papel social, possam disseminar o conhecimento que contribui para com o debate crítico e transformador dessa realidade insustentável. É nesse escopo que se insere esta produção.

O livro está dividido em quatro partes. Na primeira, denominada “A Sanepar e o Ambiente”, são discutidos aspectos como as questões climáticas, a educação ambiental, a saúde pública em associação à infraestrutura sanitária, a sustentabilidade e a universalização dos serviços de saneamento, além de avaliação e qualidade desses serviços.

Na segunda parte, intitulada “A Sanepar e suas ferramentas”, encontramos abordagens referentes à gestão de tempo, demanda de abastecimento de água, saneamento no Paraná, hidrelétricas, avaliação de impactos, viabilidade técnica e econômica no abastecimento, gestão de resíduos e gestão do lodo.

Na parte três, cujo título é “A Sanepar e suas alternativas”, o leitor e a leitora encontram um debate esclarecedor sobre análises de impacto ambiental e econômico, aproveitamento da água da chuva em residência, esgotamento sanitário, agregado miúdo na produção de pavers e potencial agrônômico do lodo de esgoto.

Denominada “A Sanepar e suas operações”, na quarta parte destacamos discussões em casos específicos sobre as fontes poluidoras e as relações como parâmetros químicos e microbiológicos, o consumo e o abastecimento de água, a avaliação de custos de disposição final de lodo de esgoto na agricultura, o monitoramento analítico da estação de tratamento de esgoto, os serviços socioambientais em obras de esgotamento sanitário e o saneamento rural.

É possível notar, cara leitora e caro leitor, que o conhecimento presente neste livro evidencia elevada contribuição teórica e prática ao campo dos saberes referentes ao saneamento ambiental, o que faz desta obra uma leitura relevante não somente para os profissionais do saneamento em suas diversas expressões, mas também a pesquisadores, técnicos, tecnólogos, gestores de instituições públicas e privadas, estudantes de graduação e pós-graduação e, ainda, à população em geral, pessoas interessadas em adquirir informações de qualidade sobre o saneamento ambiental no estado do Paraná e no Brasil.

Prof. Dr. Jorge Sobral da Silva Maia

Professor Associado da UENP/CJ

Professor e Coordenador da

Pós-Graduação em Saneamento Ambiental

GRADUATION IN ENVIRONMENTAL SANITATION

Nowadays, in Brazil, the debate about the access to basic sanitation service has been intensified since more than thirty million people do not have treated water and nearly one hundred million people do not have sewage collection. These facts evidence the importance of strategies that allow the search for solutions to this devastating scenario in the country. It is in this context that the postgraduate course in Environmental Sanitation is placed, as a result of the partnership between the State University of Northern Paraná - UENP and the Sanitation Company of Paraná - Sanepar approved by Deliberation No. 001/2018 by the UENP Administrative Council (CAD / UENP).

This postgraduate course arose from the interest in promoting the qualification of professionals for the purpose of expanding their intellectual and creative potential when facing the situations that arise in the development of sanitation in the state of Paraná, therefore, benefiting its population.

The course design was made possible by a collective work that integrated Sanepar, the Secretariat of Science, Technology and Higher Education of Paraná (Seti - currently, Superintendence), the Virtual University of Paraná - UVPR and the State University of Northern Paraná - UENP. Such community of interests enabled to organize the logistics for the development of the course, due to the face-to-face activities took place at the UVPR centers that assemble distance education centers from state higher education institutions to develop projects and courses with a focus on transformative education.

The course design, the organization of the curricular components, the professor and tutor's formation were fully organized by

the coordination of the course at UENP. The Distance Education Coordination of the University also contributed to this process. After this stage, the project was submitted to the evaluation of Sanepar and approved without reservations. Subsequently, the selection process of graduate students took place and the course started with five hundred and three students.

It is relevant to consider that the established partnership brought progress to institutional relations that increased not only the excellent training process of Sanepar professionals, but also the qualification of teachers, tutors and managers at UENP. Besides that, it also permitted to problematize and to propose ways for the various socio-environmental problems of the state of Paraná, as well as Brazil and the world, building an in-depth view of reality under the aegis of a qualified scientific production from the point of view of environmental sanitation in the country.

The training process carried out allowed to show the relevance of environmental sanitation in several aspects in a scenario of many crisis and difficulties that humanity is enduring. Considering that the financial, social, political and migratory problems are added to the health problems in several countries. At the moment, it was also aggravated by the pandemic related to COVID-19 and ecological problems. This situation generates enormous concern for the environment, in general, and for water quality, in particular.

In Brazil and elsewhere, the debates on these issues are broadened and the concern goes to the destruction of biodiversity, including the pollution of water bodies, the reduction of vegetation cover, the burning associated with the reduction of preventive actions for these socio-environmental damages and, also, due to the expansion of the present model for exploring nature in the current way of producing life in society, which completely disturbs the balance and stability of biological processes that support biodiversity, including human groups.

Despite the numerous alerts and warnings from the scientific community, it seems that we are far from reaching a consensus on the profoundly serious condition of our civilization and, it resembles, the wonderful set of propositions of the green economy, sustainable development and the various strategies put into the debate have not been proved to be efficient for the necessary overcoming of these elements of degradation of the environment and the quality of human population life.

Therefore, it seems necessary that strategies are proposed so that we can give satisfactory answers to the contemporary civilizational problem, which consider the multiple determinations that make up the phenomena, which can be environmental, social, economic, or political ones, since they are intrinsically associated. These strategies need to consider corporate organization factors such as public health, national infrastructure, the reducing of material differences between social classes, promoting the economy as a focus on reducing this inequality.

We understand that, in order to achieve these objectives, actions are absolutely necessary, such as expanding the training process of the populations in order that they recognize and understand the importance of the environmental issue today, once, we are at the almost irreversible threshold of this problem, as well as the expansion of the training framework of professionals working in the various instances, the governmental, the private, or from the third sector, so that, in addition to playing their social role, they can disseminate the knowledge that contributes to the critical and transforming debate of this unsustainable reality. It is within this scope that this book is included.

The book is divided into four parts. In the first one, called “Sanepar and the Environment”, aspects such as climate issues, environmental education, public health in association with health infrastructure, sustainability and universal sanitation services are discussed, as well as the evaluation and quality of these services.

In the second part, entitled “Sanepar and its tools”, we find approaches related to time management, demand for water supply, sanitation in Paraná, hydroelectric plants, impact assessment, technical and economic feasibility in supply, waste management and sludge management.

In part three, whose title is “Sanepar and its alternatives”, the reader finds an enlightening debate on analyzes of environmental and economic impact, use of rainwater at home, sanitary sewage, fine aggregate in the production of pavers and agronomic potential of sewage sludge.

The fourth part named “Sanepar and its operations”, we highlight discussions in specific cases about polluting sources and relationships such as chemical and microbiological parameters, water consumption and supply, cost assessment of final disposal of sewage sludge in agriculture, analytical monitoring of the sewage treatment plant, socio-environmental services in sewage works and rural sanitation.

It is possible to note, dear reader, that the knowledge present in this book shows a high theoretical and practical contribution to the field of knowledge related to environmental sanitation, which makes this work a relevant reading not only for sanitation professionals in its various expressions, but also to researchers, technicians, technologists, managers of public and private institutions, undergraduate and graduate students, and also to the population in general, people interested in acquiring quality information about environmental sanitation in the state of Paraná and in Brazil.

Professor Dr. Jorge Sobral da Silva Maia

Associate Professor at UENP

Professor and Coordinator of

Post-Graduation in Environmental Sanitation

SUMÁRIO

PARTE I

A SANEPAR E O AMBIENTE

1. Enfrentamento de mudanças climáticas 19
2. Educação ambiental: serviço de saneamento 35
3. Saneamento e saúde pública: infraestrutura sanitária 53
4. A sustentabilidade e o calendário de mesa Sanepar 71
5. ETE modulares: universalização do saneamento ambiental..85
6. Critérios e matriz de priorização: planejamento plurianual . 103
7. Recurso Fundo Azul: divulgação e aplicabilidade..... 123
8. Análise de descontos em licitações de obras:
qualidade e avaliação das contratadas 141

PARTE II

A SANEPAR E SUAS FERRAMENTAS

9. Análise envoltória: saneamento paranaense..... 157
10. Estatística aplicada: demanda de abastecimento de água . 177
11. Eficiências eletromecânicas e hidroenergéticas de
sistemas elevatórios 195
12. Avaliação do impacto das perdas de água:
redução da pressão na rede 215
13. Sistema de automação para abastecimento de água
em municípios de pequeno porte..... 233
14. Gestão de resíduos sólidos: diagnóstico do manejo 251
15. Resíduos sólidos e logística reversa 269
16. Gestão de lodo e mecanismos de controle de cheias..... 287
17. Eficiência da ETE modular Rio Toledo
parâmetros físico-químicos de lançamentos 307

PARTE I
A SANEPAR E O AMBIENTE

Capítulo 1

ENFRENTAMENTO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Thaís Carolina Ferreira Waiss
Cibele Bender Raio

Introdução

No Brasil, o setor de resíduos, composto pela disposição de resíduos sólidos e pelo tratamento de esgoto, emitiu aproximadamente 91 milhões de toneladas de equivalente de dióxido de carbono (CO₂) em 2017, um aumento de 1,5% em relação a 2016 e cerca de 4,3% do total nacional. A disposição de resíduos sólidos urbanos é a principal responsável pelas emissões do setor saneamento (52%), seguida do tratamento de efluentes líquidos (47%), conforme dados apresentados pelo Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG) e correspondem à disposição ou ao tratamento final de resíduos e efluentes industriais e domésticos, serviço de saúde e outros (SEEG, 2019).

O cenário mundial já reconhece as mudanças climáticas como um dos maiores desafios do nosso tempo (GIDDENS, 2002). Seus impactos podem afetar, desde a produção de alimentos até o aumento do nível do mar – aumentando o risco de inundações catastróficas e podendo desestabilizar as sociedades e o meio ambiente (NOBRE; REID; VEIGA, 2012).

Diante disso, o combate às mudanças climáticas é um dos 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) que compõem a Agenda 2030 para o Desenvolvimento

Sustentável, adotada pelos 193 países membros da Organização das Nações Unidas (ONU) durante a Cúpula das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável 2015, que é um programa que propõe o equilíbrio entre três dimensões do desenvolvimento: a econômica, a social e a ambiental - por meio do atendimento integrado e indivisível dos 17 ODS (ONU, 2019).

A Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar), fundada em 1963, vem construindo, ao longo de sua história, suas políticas e valores para ser, cada vez mais, uma empresa com ações no presente, pensando no futuro (SANEPAR, 2019b). Em 2016, a Companhia assinou a Agenda 2030. Em termos gerais, o serviço prestado pela empresa na busca pela universalização do saneamento contribui para o atendimento do ODS 6 (Água Potável e Saneamento) e ODS 3 (Saúde e Bem Estar), uma vez que os investimentos em saneamento impactam diretamente nos indicadores de saúde. Além disso, os contratos de programas com as prefeituras e os investimentos em obras contribuem com o ODS 11 (Cidades Sustentáveis) (SANEPAR, 2019b).

Com relação ao Combate às Mudanças Climáticas (ODS 13), a empresa tem apresentado os Inventários de Gases de Efeito Estufa (IGEE) desde 2013 e é a primeira e única empresa do setor de saneamento no Brasil a publicar seu inventário na plataforma do Programa Brasileiro *GHG Protocol*. Atualmente, esta iniciativa é a mais usada internacionalmente por governos e líderes empresariais para compreender, quantificar e administrar as emissões dos GEE (MONZONI et al., 2008; GREEN, 2010; SANTOS, 2015).

A partir desses dados, é possível conhecer o perfil e realizar um diagnóstico das emissões, possibilitando estabelecer estratégias para a efetiva gestão das emissões de GEE. São os inventários que fornecem informações gerenciais para as tomadas de ações visando à redução de emissões. No entanto, ainda não há programas de gestão, redução e/ou mitigação destes gases nos processos da empresa.

Este capítulo tem como objetivo apresentar diretrizes para implantação de gestão de GEE gerada nos processos de uma

companhia de saneamento. Existem diversas iniciativas internacionais para divulgar com transparência as informações ambientais, dentre elas o *Carbon Disclosure Project* (CDP), organização sem fins lucrativos cujo objetivo é divulgar informações sobre as emissões de GEE e a gestão de carbono implantada pelas empresas, a qual vem desempenhando um papel importante na transparência da divulgação de informações ambientais (CDP, 2010). Aqui, utilizou-se a metodologia proposta pelo CDP, o referencial teórico e os resultados do histórico de Inventários de Gases de Efeito Estufa (IGEE), elaborados pela Sanepar. Portanto, apresenta-se uma seleção e definição de diretrizes do método CDP aplicáveis ao saneamento ambiental, fornecendo subsídios para incrementar o debate sobre a gestão de gases de efeito estufa, na expectativa de contribuir com diretrizes para gestão de emissões em atendimento a mais um ODS. Isso permite às empresas e instituições medir e gerenciar seus impactos ambientais e, também, a participação do Índice de Sustentabilidade Empresarial (ISE), que é uma ferramenta para análise comparativa da performance das empresas listadas na bolsa de valores oficial do Brasil (B3), sob o aspecto da sustentabilidade corporativa.

Transparência no enfrentamento das mudanças climáticas

Com o aumento das preocupações relativas às questões sociais e ambientais das empresas, a pesquisa sobre abertura de informações, evidenciação ambiental ou *disclosure* tem apresentado grande importância. E isso pode ser apresentado de diversas formas como, por exemplo, relatórios de gestão, demonstrações contábeis, questionários demandados pelos seus *stakeholders*, entre outras (FARIAS et al., 2011).

Ainda, segundo o CDP (2010), as mudanças climáticas podem afetar diretamente a economia, levando a transformações prioritariamente estruturais, e à incidência de riscos climáticos sobre as dinâmicas competitivas das empresas.

Dessa forma, as informações requeridas e disponibilizadas pelo CDP concentram-se em quatro ações principais: a) demonstrar a visão da Administração sobre riscos e oportunidades que a

mudança climática representa para os negócios da organização; b) demonstrar como as empresas estão contabilizando as emissões de gases de efeito estufa; c) demonstrar quais estratégias gerenciais de redução das emissões ou minimização de riscos e capitalização estão sendo desenvolvidas; d) verificar qual a participação da governança corporativa nos assuntos relativos às mudanças climáticas (CDP, 2010).

Ao considerar que os impactos das mudanças climáticas ainda estão se manifestando, conforme Hoffman e Woody (2008) defendem, as organizações podem desenvolver suas estratégias orientadas por três etapas:

- 1) tomar conhecimento sobre as suas emissões de carbono e quais os possíveis impactos que uma transição de mercado teria sobre seus produtos e serviços, incluindo as escolhas de ferramentas para medir a emissão, sistemas de gerenciamento de dados, registro das emissões e avaliação;
- 2) tomar decisão acerca das ações para reduzir emissões e avaliar oportunidades de negócio, englobando ações de competência organizacional, como qualificação da liderança, desenvolvimento de equipes interfuncionais e equipes de eficiência energética, com estabelecimento de metas e objetivos, dentre outras;
- 3) participar do processo de desenvolvimento de políticas de enfrentamento das mudanças climáticas, numa tentativa de influenciar as regras do jogo.

Essas estratégias se sobrepõem e se complementam às informações requeridas pelo CDP. Milani et al. (2012) destacam que investimentos em políticas de melhores práticas, como Responsabilidade Social Empresarial, Governança Corporativa e Sustentabilidade, podem proporcionar retorno financeiro aos investimentos de empresas que as lastreiam em suas políticas.

Materiais e métodos

O trabalho foi realizado por meio de uma pesquisa qualitativa com base na metodologia de estudo de caso.

Foram analisados os inventários de gases de efeito estufa (IGEE) elaborados pela Sanepar entre os anos de 2013 a 2018, visto que, segundo a Sanepar (2019a), o ano de 2013 é considerado um marco no que se refere à consagração da metodologia e confiabilidade no banco de dados, e é considerado também a linha de base para os IGEE. Nesse período, foi estabelecida uma metodologia contínua de levantamento e processamento de dados. Os inventários estão disponíveis na plataforma de Registro Público de Emissões do Programa Brasileiro GHG *Protocol*, que conta com a maior base de inventários organizacionais públicos da América Latina, com mais de 1.450 inventários.

Os primeiros itens avaliados pelo CDP, e também com maior detalhamento, são relativos à estrutura de governança, ou módulo de gestão, da empresa com relação às mudanças climáticas, a qual deve definir seu nível de responsabilidade correspondente à instância institucional, cujo tema da mudança climática a empresa aloca. É importante que exista supervisão nos altos escalões, como por exemplo, em nível de conselho, de forma que seja introduzida na agenda corporativa e, assim, gradualmente os impactos da mudança climática sejam inseridos nas decisões sobre competitividade e retorno dos investimentos.

Mais do que isso, estas questões devem estar alinhadas na agenda de governança, de forma que haja supervisão do conselho sobre riscos e oportunidades relacionados às mudanças climáticas. É importante que o gerenciamento de questões relacionadas ao clima tenham metas e/ou outros incentivos integrados ao assunto, em processos multidisciplinares de identificação, avaliação e gerenciamento de riscos em toda a empresa.

Em seguida, o foco são as estratégias, em que se busca a informação sobre os procedimentos de gestão de risco e oportunidades relacionados às mudanças climáticas, e que estejam documentados e integrados ao programa de gerenciamento de

riscos corporativos, abrangendo todos os tipos/fontes de possíveis riscos e oportunidades. Além disso, é importante que estas informações sejam sistematizadas, por área de abrangência e com limite temporal especificado, analisadas com frequência periódica e relatadas ao conselho, para serem aplicadas na empresa e nos ativos, quando cabíveis.

Esta ação pode identificar riscos inerentes relacionados ao clima com potencial para ter um impacto financeiro ou estratégico substancial nos negócios, mesmo que a longo prazo. Da mesma forma, é possível encontrar oportunidades ligadas ao mercado de carbono ou Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), desenvolvimento de produtos, serviços e processos com preocupação ambiental e tecnologias que reduzam as emissões, ou, ainda, antecipem e prevejam a influência sobre as ações regulatórias nas mudanças climáticas e, portanto, também tenham um método de priorização.

O desenvolvimento destas informações dentro da empresa, inclusive com a identificação do preço interno do carbono e a integração às estratégias de negócios, pode colaborar com a priorização de estratégias gerenciais e até mesmo criar vantagens competitivas.

Também é importante salientar o envolvimento da empresa em atividades que poderiam, direta ou indiretamente, influenciar as políticas públicas na área de mudanças climáticas. Ao longo de 2018, a Sanepar participou do Programa Brasileiro *GHG Protocol*, que busca promover a cultura corporativa de mensuração, publicação e gestão voluntária das emissões de GEE no Brasil; proporciona aos participantes acesso a instrumentos e padrões de qualidade internacional de contabilização e elaboração de inventários de GEE (MELO e SINFRÔN, 2018); e, ainda, organiza grupos de trabalho, junto aos participantes, para o aperfeiçoamento do método e desenvolvimento de novas ferramentas para a contabilização de emissões de GEE de acordo com a realidade brasileira. Esta é uma forma de conscientizar e preparar as empresas para atender às novas demandas relacionadas às mudanças climáticas.

O próximo passo é tratar os objetivos e iniciativas para reduzir as emissões derivadas de suas atividades, direta ou indiretamente, que podem estar relacionadas à redução absoluta de emissões globais ou da intensidade das emissões, redução de consumo de energia ou produção de energia renovável.

A empresa pode realizar várias medidas para reduzir emissões, de acordo com o seu perfil e, por isso, também cabe relatar os projetos, seus estágios de desenvolvimento, redução de emissão de CO₂ estimada ou até mesmo compras efetuadas, dando preferência a produtos de baixo carbono. No que tange à Sanepar, algumas possíveis iniciativas serão apresentadas no item 5.2, “Panorama das emissões”.

Ainda neste item, é preciso informar quais métodos a empresa utiliza para estimular os investimentos em atividades de redução de emissões, que podem ser, desde conformidade com os padrões/requisitos normativos até preço interno do carbono, curva de redução marginal de custos, entre outros.

Por fim, é necessário discorrer sobre a comunicação da posição da empresa frente às mudanças climáticas e performance de suas emissões de GEE. É importante que essas informações sejam registradas nos principais relatórios obrigatórios, como os financeiros, e, ainda, em relatórios voluntários como o GRI.

Quanto ao módulo de riscos e oportunidades, ambos podem ser causados por mudanças nos regulamentos, mudanças físicas nos parâmetros climáticos ou por outros fatores relacionados ao clima. As atividades de saneamento recebem interferência direta das condições climáticas e eventos extremos.

Segundo a Agência Nacional de Águas – ANA, (BRASIL, 2016), entre os riscos acarretados pelas mudanças climáticas podem-se citar: menor disponibilidade de água, maior demanda urbana por água, menor qualidade da água superficial, maior competição por recursos hídricos, alteração na vegetação das bacias hidrográficas, modelos climáticos imprecisos com maior dificuldade para o planejamento, alteração dos lençóis freáticos e

aquíferos, aumento da demanda de água pela agricultura, intrusão salina e falhas em sistemas combinados de coleta.

Portanto, neste contexto, é importante que as empresas de saneamento façam suas próprias agendas de adaptação que: a) identifiquem as principais lacunas existentes; b) mapeiem as vulnerabilidades; c) integrem as ações existentes; d) adotem escalas de tempo e espaço apropriadas na identificação dos impactos e das vulnerabilidades e na implementação de ações (PBMC, 2014).

Em relação ao módulo emissões, a Sanepar realiza o Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa (IGEE) anual, com definição de ano base, metodologias e protocolos reconhecidos. Os IGEE elaborados pela Sanepar seguem o método do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2006) e as diretrizes definidas pelo Programa Brasileiro *GHG Protocol*, desenvolvidas pela Fundação Getúlio Vargas (FGV), em parceria com *World Resources Institute* (WRI) (SANEPAR, 2019a), que define limites, fatores de emissão e potencial de aquecimento global. Os inventários mais recentes, inclusive, foram feitos por uma terceira parte independente, o que agrega mais credibilidade e qualidade no processo. Os resultados estão explicitados no item “Panorama das emissões”.

O inventário já identifica as variações de emissões brutas, em comparação com os anos anteriores e identifica possíveis razões para estas variações, fornecendo medidas de intensidade das emissões, inclusive. Sobre comercialização de emissões, a empresa não participa de nenhum Regime de Licenças de Emissão, no entanto, participa da Simulação de Comércio de Emissões proporcionada pelo convênio com o Programa *GHG Protocol*.

Analisando a evolução das emissões de GEE disponibilizadas nos inventários de gases de efeito estufa, elaborados pela Sanepar entre os anos de 2013 a 2018, nota-se que as emissões diretas aumentaram consideravelmente ao longo destes anos. Esse aumento foi oriundo das mudanças metodológicas, acurácia dos dados coletados, internalização da prática, além do aumento da cobertura dos serviços de saneamento prestados (SANEPAR, 2019a).

Determinados elementos podem contribuir para uma adequada condução do processo, como um sistema de informações bem estruturado e a participação de gestores de diversas áreas da empresa (SANTOS, 2015). No caso da Sanepar, ao longo do período analisado, os procedimentos de coleta de dados foram otimizados, e dados que não foram levantados no início do processo foram diagnosticados, fazendo com que o registro das emissões de GEE aumentasse. Também foram implantados sistemas informatizados, procedimentos normativos a fim de padronizar a coleta e o repasse dos dados; e ações de sensibilização interna para que as pessoas dessem importância para o dado produzido.

Quanto ao aumento da cobertura dos serviços, entre 2013 e 2018, a Sanepar incrementou 6,1% sua produção de água e 18,2% seu volume de esgoto tratado. Esse aspecto fez com que as emissões diretas relacionadas ao tratamento de esgoto aumentassem 29,3% e o consumo de energia elétrica (emissões indiretas) aumentasse 0,11%. Apesar deste aumento no consumo de energia elétrica, as emissões relacionadas tiveram uma redução de 17,14%. Isso ocorreu devido à redução do fator de emissões do Sistema Interligado Nacional (SIN).

Em todos os anos inventariados, o tratamento de efluentes é a atividade da empresa que mais emite GEE. Em 2018, por exemplo, essa atividade foi responsável por 92,69% das emissões diretas, enquanto a disposição final de resíduos sólidos urbanos foi responsável por 4,55%. Já, o consumo de combustíveis pela frota representou 0,56%; as fontes estacionárias e as fontes fugitivas representaram, respectivamente, 0,02% e 2,03% de todas as emissões diretas.

Frente a esse quadro, no que diz respeito aos efluentes, o trabalho elaborado por Filippini (2018) faz uma análise de cenários, demonstrando diversas oportunidades de mitigação de metano provenientes das Estações de Tratamento de Esgoto (ETE). O emprego de tecnologias ainda incipientes no Brasil são as alternativas com melhores possibilidades de reduzir as emissões; no entanto, a instalação de queimadores enclausurados com alta

eficiência de destruição do metano em todas as ETE tem uma pegada de metano baixa para tratar 1 m³ de esgoto, baixa intensidade carbônica e um dos menores custos para implantação, podendo, portanto, ser possibilidade mais tangível para a empresa.

Em 2018, das 244 ETE analisadas, 32 não tinham queimadores nos Reatores Anaeróbios de Leito Fluidizado (RALF), ou seja, 13%. Considerando as ETE que apontaram ter queimadores, eles operaram apenas até a metade do tempo em 45% delas. Em apenas 8,5% eles operaram por 100% do tempo. Considerando estes dados, é necessário estabelecer uma diretriz de obrigatoriedade de implantação de manutenção de queimadores automáticos em todas as ETE, com tratamento anaeróbio com um cronograma de substituição para queimadores enclausurados com alta eficiência, priorizando as ETE de grande porte. Além disso, deve constar nesta diretriz que a ETE reporte adequadamente o tempo de operação do queimador.

No entanto, não podemos deixar de lado a possibilidade de aproveitamento energético do biogás das ETE. Sobre isso, alguns estudos apontam o potencial energético do biogás proveniente dos reatores anaeróbios, como aqueles avaliados por Silva (2015), que tiveram resultados promissores quanto à recuperação do biogás em ETE e seus benefícios econômicos, sociais e ambientais. Por sua vez, Lupatini et al. (2015) verificaram um potencial de redução das emissões de GEE entre 19% e 72% nos cenários de mitigação propostos para a região Norte do Paraná. São estudos ainda incipientes a respeito dos custos para auxiliar gestores na definição de estratégias para gestão dos GEE.

Para evitar as emissões provenientes dos aterros, o primeiro passo é reduzir a quantidade de resíduos depositados. Isso pode ser feito apoiando e melhorando a coleta seletiva e as centrais de reciclagem e, também, por meio de documentos de controle destas ações. Assim como ocorre nas ETE, os aterros devem considerar a queima e a recuperação do biogás para reduzir as emissões de GEE (FILIPPINI, 2018).

A combustão móvel se refere à queima de combustíveis em veículos como caminhões, motocicletas e carros leves. Já, a combustão estacionária se refere à queima de combustíveis em equipamentos, como motogeradores e cortadores de grama. Os combustíveis utilizados pela empresa são: diesel, gasolina, etanol, gás liquefeito de petróleo (GLP) e gás natural veicular (GNV).

A ferramenta *GHG Protocol* versão 2019 apresenta os fatores de emissão para diversos combustíveis. Segundo a ferramenta, o combustível que menos emite GEE é o etanol. Portanto, é necessário estabelecer uma diretriz corporativa que defina a priorização do uso de etanol sempre que possível. Por exemplo, definir uma meta em porcentagem, de utilização de etanol em veículos flex. Em novos processos licitatórios também deve ser priorizada a aquisição ou locação de veículos movidos a biocombustíveis.

No caso de equipamentos estacionários, é necessário um controle mais preciso dos combustíveis utilizados, dando prioridade aos biocombustíveis. Para serviços terceirizados, solicitar, já no termo de referência, que a prestadora do serviço encaminhe as informações referentes às quantidades e aos tipos de combustíveis utilizados.

Atitudes como manter as revisões periódicas em dia em todos os veículos e equipamentos já são realizadas pela Sanepar, o que pode ser inserido como atitude sustentável. Para as emissões fugitivas, que contemplam os gases emitidos pelo uso de ar condicionado, freezers, refrigeradores e extintores de incêndio, foram utilizados valores máximos da literatura, baseados na quantidade destes equipamentos.

É necessário iniciar um levantamento real dos gases contidos e emitidos nos equipamentos mencionados. Uma forma de conseguir realizar esta ação é criar uma diretriz que, em todas as contratações de manutenção de equipamentos e extintores, a empresa contratada repasse as informações de quantidade e tipologia dos gás contido e, eventualmente, repostos ou trocados.

No caso de empresas de saneamento, a mudança de uso e ocupação do solo está relacionada à execução de obras e melhorias nas estações de tratamento ou rede de abastecimento ou

coletora, quando ocorrem eventuais desmatamentos. Para redução desse tipo de emissão, é importante que todos os setores da empresa estejam conscientizados da importância de considerar os fatores ambientais na alocação das obras.

As emissões pela aquisição de energia elétrica, por fim, são classificadas como Escopo 2, visto que se referem às fontes que provocam emissões indiretamente, por consumirem energia elétrica (ou térmica) produzida por outrem (MONZONI et al., 2008). No caso da Sanepar, a produção e distribuição de água são os principais consumidores de energia elétrica. Por isso, otimizar a eficiência e eficácia dos processos produtivos contribui para reduzir o consumo energético. Um programa de eficiência energética que contemple a redução das perdas de água no sistema de distribuição, bem como a redução do uso da energia elétrica nos processos da empresa e a substituição da energia adquirida do SIN, pela autoprodução com fontes renováveis com a neutralização de carbono, é um caminho que pode contribuir para a redução das emissões de GEE.

Considerações finais

De forma geral, as origens das emissões de GEE no setor de saneamento estão bem definidas, mas as empresas ainda não estão trabalhando os aspectos dessas emissões com o intuito de reduzi-las. As práticas e as estratégias adotadas para enfrentamento das mudanças climáticas podem variar consideravelmente entre estas empresas, visto que estão sujeitas a legislações pouco restritivas em relação ao carbono, mas podem atender a programas voluntários que, no futuro, também assegurem vantagem competitiva.

A Sanepar já conhece seu perfil de emissões, com base na metodologia proposta pelo Programa *GHG Protocol*, e já existem estudos sobre redução dessas emissões que podem apoiar a tomada de decisões. Porém, para investir efetivamente em gestão de gases de efeito estufa e na transparência dessas informações, de acordo com as diretrizes do CDP, é necessário definir o nível de responsabilidade que o tema terá na empresa e alinhar esta

questão à agenda de governança, para que possam ser definidas estratégias para a gestão de riscos e oportunidades, relacionadas às mudanças climáticas e, conseqüentemente, tratar os objetivos e iniciativas para reduzir as emissões.

Face à vulnerabilidade que o setor de saneamento tem em função das mudanças climáticas, os desafios colocados às empresas demandam respostas rápidas, em especial, no que tange aos estudos de riscos e oportunidades; portanto, as empresas mais engajadas deverão amadurecer a gestão de emissões de GEE para que, no futuro, todas possam acompanhá-las. Assim, as mudanças climáticas devem estrear também nas estratégias de negócios, incorporando o tema nas análises de riscos e oportunidades de seus negócios, desenvolvendo, incentivando e investindo em tecnologias de baixo carbono e, ainda, fomentando o tema “mudanças climáticas” em todos os processos e interfaces que compõem sua cadeia de valor.

Referências

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos: avaliações e diretrizes para adaptação**. Brasília, p. 93, 2016.

CARBON DISCLOSURE PROJECT (CDP). **Explore CDP's data for cities, companies and investors**. Disponível em: <<https://www.cdp.net/pt/data>>. Acesso em: 10 de jul. 2019.

FARIAS, L. G. Q. et. al. Carbon Disclosure Project (CDP): caracterização da evidenciação de informações ambientais das empresas brasileiras entre 2006 e 2010. **Revista Eletrônica Sistemas & Gestão** Volume 6, Número 4, pp. 431-446, 2011.

FILIPPINI, R. M. K. **Subsídios para diretrizes corporativas visando a gestão das emissões de gases de efeito estufa em um prestador de serviços de saneamento do Estado do Paraná**. 2018. 129 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Meio Ambiente Urbano e Industrial, UFPR, SENAI e Universitat Stuttgart, Curitiba, 2018.

GIDDENS, A. **Modernidade e identidade**. Riode Janeiro: Zahar, 2002.

GREEN, Jessica F.. Private Standards in the Climate Regime: The Greenhouse Gas Protocol. **Business And Politics**, New York, v. 12, n. 3, p.1-37, 2010. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/ce45/f2045b1be61a734067b15c875579ded1c94d.pdf>>. Acesso em: 13 de set. 2019.

HOFFMAN, A. J.; WOODY, J. G. **Climate change: what's your business strategy?** (Memotothe CEO). Harvard Business School Press, Cambridge, MA, 15 Abr. 2008.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. 2006. Disponível em: <<https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>> Acesso em: 13 de set. 2019.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. **AGENDA 2030 – ODS – Metas Nacionais dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Brasília/DF: Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2018. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/180801_ods_metas_nac_dos_obj_de_desenv_susten_propos_de_adequa.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2019.

LUPATINI, G. et al. Avaliação do potencial de redução das emissões de gases do efeito estufa no setor de saneamento: Estudo de caso na região norte do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 29. 2015, Rio de Janeiro. **Anais**. Rio de Janeiro: Abes, p. 1-9, 2015.

MELO, V. S.; SINFRÔN, F. S. M. A importância dos inventários do programa GHG Protocol para a gestão das emissões ambientais: estudo de caso do Maranhão. **Natural Resources**, [s. L.], v. 8, n. 2, p.38-51, out. 2018.

MIKI, R. E. Projeto de Beneficiamento de Biogás para Uso Veicular na ETE Franca da Sabesp: Estágio Atual e Etapas Futuras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 30., 2015, Rio de Janeiro. **Anais** Rio de Janeiro: Abes, p.1-9, 2017.

MILANI, B. et al. Práticas de sustentabilidade, governança corporativa e responsabilidade social afetam o risco e o retorno dos investimentos? **Revista Administração UFSM**, Santa Maria, v. 5, n. , p.667-682, dez. 2012.

MONZONI, M. et al. **Contabilização, Quantificação e Publicação de Inventários Corporativos de Emissões de Gases de Efeito Estufa**. 2. ed. São Paulo: Centro de Estudos em Sustentabilidade (FGVces), 2008. Disponível em: <https://s3-sa-east-1.amazonaws.com/arquivos.gvces.com.br/arquivos_ghg/152/especificacoes_pb_ghgprotocol.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2019.

NOBRE, C. A.; REID, J; VEIGA, A. P. S. **Fundamentos Científicos das Mudanças Climáticas**. São José dos Campos, Sp: Rede Clima; INPE, 2012. Disponível em: <http://www.inpe.br/noticias/arquivos/pdf/fundamentos_cientificos_mc_web.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2019.

ONU. NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL. **17 Objetivos para transformar o mundo**. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/>>. Acesso em: 13 ago. 2019.

PROGRAMA BRASILEIRO GHG PROTOCOL. **Registro público de missões**. [Online]. Disponível em: <<http://www.registropublicodeemissoes.com.br/>>. Acesso em 13 ago. 2019.

SANEPAR. Companhia de Saneamento do Paraná. **INVENTÁRIO DE GASES DE EFEITO ESTUFA SANEPAR 2018**. Curitiba: Sanepar, p. 37 2019a. Disponível em: <http://site.sanepar.com.br/sites/site.sanepar.com.br/files/sustentabilidade_2012/inventario_gee_2018_gpda_rev1.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2019.

SANEPAR. Companhia de Saneamento do Paraná. **RELATÓRIO DE ADMINISTRAÇÃO E SUSTENTABILIDADE 2018**. Curitiba: Sanepar, 2019b. 52p. Disponível em: <<http://ri.sanepar.com.br/ptb/1777/2018%20-%20Relatrio%20Anual.pdf>>. Acesso em: 13 ago. 2019.

SANTOS, J. M. **Inventário das emissões de gases de efeito estufa (GEE) na Embasa: oportunidades para o aprimoramento da gestão das emissões**. 2015. 160 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Industrial, Universidade Federal da Bahia, Salvador-BA, 2015.

SEEG. **Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa**. [Online]. Disponível em: <www.seeg.eco.br>. Acesso em 13 ago. 2019.

SILVA, T. C. F. . **Utilização de biogás de estações de tratamento de esgoto para fins energéticos**. 2015. 152 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Energia, Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

Capítulo 2

EDUCAÇÃO AMBIENTAL: SERVIÇO DE SANEAMENTO

Crislaine Mendes
Mateus Luiz Biancon

Introdução

A problemática socioambiental, provocada pelo modo de produção e de consumo vigentes em nossos dias, remete à urgência de processos educativos que levem à compreensão dos impactos socioambientais que estão em curso e promovam mudanças no sentido de minimizá-los. Na proposição de suscitar discussões para novos olhares e atitudes em relação ao meio ambiente, a Educação Ambiental (EA) emerge, buscando conectar aspectos da ecologia, economia, história e sociedade, refletindo sobre suas inter-relações. Esse campo de conhecimento intenta alertar para as consequências do *modus vivendi* e para as possibilidades positivas de mudança.

No meio empresarial, a EA pode ser vista como estratégica para o alcance das funções sociais de uma empresa ou companhia. Pensar a EA, nesse contexto, é torná-la tangível como caminho para o propósito que a empresa preconiza. As companhias de saneamento têm desenvolvido, ao longo dos últimos anos, diversas ações educativas, por isso mesmo, é importante a análise de suas motivações e finalidades. O propósito de levar saúde e sustentabilidade para a sociedade

está atrelado à gestão adequada de processos e operações em saneamento. Na Sanepar, a Gerência de Educação Socioambiental (GESA) desenvolve os Programas Externo e Interno de Educação Ambiental e o Programa de Intervenção Socioambiental em Obras de Saneamento. Cada um desses programas contempla uma série de projetos e ações, tendo os objetivos de informar, sensibilizar e mobilizar a comunidade e colaboradores para os aspectos sociais e ambientais do saneamento.

Neste capítulo, são analisados os processos educativos empreendidos pela Sanepar, tendo em vista seus impactos e avaliações pelas quais tem passado. É compreensível que os processos educativos precisam estar vinculados às diretrizes, estratégias e riscos da Sanepar, de maneira a assegurar sua efetividade. E, sobretudo, é importante que se apresentem com abordagens que associem os aspectos históricos, econômicos, culturais e ambientais, objetivando a mudança de hábitos e atitudes, uma vez que, disponibilizar a infraestrutura e serviços de saneamento não é suficiente para garantir melhorias ambientais e sociais.

A prática da EA

A EA tem em sua proposta o objetivo transformador da realidade socioambiental estabelecida pelo modo de produção capitalista. Contudo, os meios, recursos, práticas e reflexões em seu desenvolvimento nem sempre conseguem colocar luz sob a capacidade transformadora dos indivíduos. Para Maia e Teixeira (2015), a EA está vinculada especificamente ao enfrentamento pedagógico da questão ambiental, considerando que a EA é essencialmente educação. Nesse propósito, as práticas educativas, independentemente do agente promotor, devem suscitar a reflexão-ação acerca das contradições e dinâmicas que se estabelecem no espaço. De acordo com Sauv  (2016, p. 299):

A educa o ambiental nos desafia em torno de questões vivas; ela responde às inquietudes maiores. Ela nos faz aprender a reabitar coletivamente nossos meios de vida, de modo responsável, em fun o de valores constantemente esclarecidos e afirmados: aprender a viver juntos – entre

nós, humanos, e também com outras formas de vida que compartilham e compõem nosso meio ambiente. De uma cultura do consumismo e da acumulação, impulsionada por ideias pré-fabricadas, ela pode nos levar a uma cultura do pertencimento, do engajamento crítico, da resistência, da resiliência e da solidariedade.

Se as práticas não forem pensadas e realizadas para transformar, não haverá meio para atender à proposição de buscar a sustentabilidade. Da mesma maneira, sem os processos educativos que reflitam sobre a prática, como esperar mudanças positivas? Frente a este questionamento, Sauv  (2016, p. 293) pondera que

No intuito de contribuir para a melhoria da rela o com o meio ambiente e   equidade socioecológica, a educa o ambiental faz um chamado   criatividade, incita imaginar o mundo de outro modo. Ela estimula a emergência de projetos inovadores em matéria de alimenta o, de energia, de gerenciamento, de habita o, de lazer... em todos os setores de nossas vidas.

A EA se articula   necessidade de melhoria contínuas. Quando a sociedade, técnicos e dirigentes, estão sensibilizados para as questões ambientais, com capacidade de analisar, critica e conscientemente, a consequência coletiva de a es individuais, há possibilidade de repensar práticas e atitudes de enfrentamento às problemáticas ambientais, incluindo aquelas relacionadas ao saneamento.

Afirmamos que a fun o de uma educa o ambiental crítica e interdisciplinar   estar   altura dos desafios da sociedade chamada sociedade capitalista, justamente, delineando uma teoria que sirva de enfrentamento das atuais condi es sociais, culturais e políticas, cuja tarefa   mais complexa do que o paradigma ambiental tradicional promete explicar, por vezes complexo apenas no entendimento da dinâmica natural, desconsiderando a dinâmica social-natural (COSTA; LOUREIRO, 2015, p. 705). Para Lima (2009) “[...] seria insensato e contraditório pretender uniformizar o pensamento e a aço críticos, sobretudo, quando falamos de

educação e de crítica, por ‘certa definição’, livres e plurais. O pensamento crítico é sempre renovador e inquieto” (p.161).

Sob essa perspectiva, a EA aplicada ao serviço de saneamento, deve buscar a transformação social e ambiental almejada, com a disponibilização da infraestrutura e dos serviços de saneamento básico. A comunidade muitas vezes não se reconhece nesse processo de forma direta e imediata ou, ainda, não está sensibilizada para assumir sua responsabilidade. Da mesma forma, por não compreender as relações sociais e determinantes da sociedade do capital, a comunidade não está engajada e informada para exercer o controle social. Trata-se de criar as condições para a ruptura com a cultura política dominante e para uma nova proposta de sociabilidade baseada na educação para a participação (JACOBI, 2003).

O Brasil tem as diretrizes para a EA, estabelecidas no Programa Nacional de Educação Ambiental (ProNEA¹), que tem como eixo orientador a perspectiva da sustentabilidade com base no Tratado de Educação Ambiental para Sociedades Sustentáveis e Responsabilidade Global. Esse documento orienta os agentes públicos e privados para a reflexão, construção e implementação de políticas públicas que possibilitem solucionar questões estruturais, almejando a construção de sociedades sustentáveis (BRASIL, 2018).

Essa orientação corrobora com a proposta da Educação Ambiental Crítica (EAC); contudo, diversos fatores ainda impedem a superação do reductionismo e da simplificação das práticas educativas, tais como: dissociação na EA interna, das práticas operacionais em saneamento; visão distorcida das práticas educativas, convertidas em ações de gestão ambiental ou programas de qualidade; recursos financeiros aplicados em ações meramente informativas; não apropriação, em níveis estratégicos, dos conceitos e da relevância da EA para formação dos educadores ambientais, em seu referencial teórico-prático.

1 Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/images/arquivo/80219/Pronea_final_2.pdf>. Acesso em: 11 fev. 2021.

Materiais e métodos

Em busca de superar o reducionismo e a simplificação das práticas educativas desenvolvidas no meio empresarial, bem como conduzi-las em direção à criticidade proposta no conceito teórico-metodológico, se faz necessária a análise e as proposições de avanço daquelas práticas. Pedrini e Pelliccione (2014) sugerem que, para se conhecer adequadamente as atividades de EA empresarial, é necessária a realização de estudos de casos aprofundados, por empresa, abrangendo uma triangulação de estratégias metodológicas para priorizar uma confrontação entre discurso e prática empresarial.

Nesse sentido, a presente pesquisa, de natureza qualitativa, teve como recorte as ações desenvolvidas pela Sanepar, por meio da GESA. A referida gerência atua em todo o Estado de forma descentralizada nas regionais, sendo os programas e projetos desenvolvidos por equipes de analistas e técnicos.

A GESA desenvolve projetos e ações inseridas em programas distintos: Programa Interno de Educação Socioambiental, direcionado aos colaboradores e terceiros da Sanepar; Programa Externo de Educação Socioambiental, focado em ações para estudantes, professores e comunidade em geral; Programa de Intervenção Socioambiental em Obras, que possui como público alvo as populações que estão recebendo os serviços de saneamento; e o Programa de Patrimônio Histórico, que não será analisado pela presente pesquisa por compreender ações de educação patrimonial, definidas e regulamentadas pela Portaria IPHAN nº 137/2016.

Para a descrição dos objetivos e métodos dos principais programas e projetos desenvolvidos, a pesquisa recorreu aos arquivos de planejamento e acompanhamento de indicadores, disponibilizados pela GESA, bem como aos documentos normativos internos aplicáveis à área. Atualmente, de acordo com o Planejamento Estratégico da Sanepar, as ações de EA desenvolvidas integram a perspectiva de sustentabilidade, indicando que as práticas devem contribuir para assegurar o equilíbrio econômico-financeiro do negócio, conservar o meio ambiente e promover a responsabilidade social.

Considerando a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), estabelecida pela Lei nº 9.795 /99, o Programa Nacional de Educação Ambiental (ProNEA) e a Resolução do Conama nº 422, de 23 de março de 2010, que estabelece as diretrizes para as campanhas, ações e projetos de EA, foram definidos para avaliação sete indicadores, sob as perspectivas de: linguagem, abordagem, sinergias e articulações, e permanência e avaliação (Quadro 01).

Quadro 01: Perspectivas e indicadores de avaliação.

Perspectivas	Indicador
a) Quanto à linguagem:	I. Propicia a fácil compreensão e o acesso à informação e ao conhecimento aos grupos social e ambientalmente vulneráveis, sobre as questões ambientais de forma clara e transparente.
b) Quanto à abordagem:	II. Contextualiza as questões socioambientais em suas dimensões histórica, econômica, cultural, política e ecológica, indo além das ações de comando e controle, evitando perspectivas meramente utilitaristas ou comportamentais.
	III. Destaca os impactos socioambientais causados pelas atividades antrópicas e as responsabilidades humanas na manutenção da segurança ambiental e da qualidade de vida.
c) Quanto às sinergias e articulações:	IV. Tem capacidade de mobilização, incentivando a participação na vida pública, nas decisões sobre acesso e uso dos recursos naturais e o exercício do controle social em ações articuladas.
	V. Busca a integração com ações, projetos e programas desenvolvidos pelo Órgão Gestor da PNEA e pelos estados e municípios.
d) Quanto à permanência e avaliação:	VI. É um processo continuado e permanente.
	VII. Há permanente avaliação crítica e construtiva do processo educativo.

Fonte: Os autores (2020)

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), “indicadores são ferramentas constituídas por uma ou mais variáveis que, associadas através de diversas formas, revelam significados mais amplos sobre os fenômenos a que se referem” (IBGE, 2004, p.10). Por sua vez, Bollman (2001, p. 1) escreve que

A prática tem mostrado que a ação de medir, como um instrumento indispensável para operacionalizar a implementação de políticas norteadoras do desenvolvimento humano, auxilia tanto os decisores quanto os cidadãos comuns a conceitualizar objetivos, estudar alternativas, fazer escolhas e ajustar dinamicamente as políticas e objetivos baseados na avaliação de seu estado atual.

No que diz respeito a indicadores em EA, é relevante destacar que, no ano de 2019, foi publicado o relatório do processo de construção participativa dos indicadores de monitoramento e avaliação de Políticas Públicas de Educação Ambiental (PPEA), parte do projeto de desenvolvimento da Plataforma Brasileira de Avaliação e Monitoramento de Projetos e PPEA (RAYMUNDO et al., 2019). Esse relatório apresenta vinte e sete indicadores para avaliação, que fizeram parte da pesquisa bibliográfica para a proposição desta pesquisa, contudo, não foram aqui descritos ou aplicados em sua totalidade.

Finalmente, a partir das etapas anteriores, ocorreu a análise sobre a contribuição das ações de EA desenvolvidas no processo de reflexão-ação sobre a dinâmica sociedade-natureza. Processo entendido como aquele que leva o indivíduo a buscar compreender as interferências e resultados das dimensões econômica, cultural e histórica no meio natural, bem como a se reconhecer enquanto sujeito resultante dessa dinâmica, responsável por suas ações.

Resultados e discussão

Fizeram parte da pesquisa dez projetos integrantes dos Programas Interno e Externo de Educação Ambiental e do Programa de Intervenção Socioambiental em Obras, sendo:

Quadro 02: Programas e projetos avaliados.

Programa Externo	Sustentabilidade da escola ao rio Visitas mediadas às unidades operacionais Capacitação de facilitadores Palestras Ecoexpresso
Programa Interno	Se ligue nesta ideia, sem óleo na rede Ecoprosa
Programa de Intervenção Socioambiental em Obras	Se Ligue na Rede Sanepar Rural Caixa d'água Família Paranaense

Fonte: Os autores (2020)

Apesar dos projetos estarem enquadrados em apenas um dos programas, atingem diferentes públicos e suas ações acabam permeando outros eixos. Esse aspecto apresenta a abrangência das práticas educativas, bem como a complexidade para sua execução – considerando a abordagem crítica –, avaliação e mensuração, enquanto indicador corporativo.

A seguir faz-se uma breve descrição de cada um dos projetos, com objetivo e proposta metodológica, em acordo ao apresentado pela Sanepar em sua documentação interna (2020):

Sustentabilidade da escola ao rio: mobilizar professores e alunos, preferencialmente de Cursos Técnicos e Magistério, com Gerências Regionais (GR), para o desenvolvimento de ações de educação socioambiental em rios urbanos com o intuito de internalizar o conceito de sustentabilidade e melhorar a qualidade ambiental. A metodologia do projeto consiste no estabelecimento de parcerias com as GR para a escolha do rio e apoio técnico, e com as escolas para o planejamento e execução das ações socioambientais.

Visitas mediadas às unidades operacionais: propiciar a construção do conhecimento sobre as problemáticas relacionadas aos recursos hídricos, por meio das visitas mediadas às estruturas da Sanepar. O desenvolvimento está embasado no conceito do “Rio ao Rio”. Para realizar as atividades, o empregado deve propor atividades/ experiências aos participantes de modo que os levem a construir, por si mesmos, o significado para os conceitos e conteúdos constantes no planejamento do atendimento. Para tanto poderão ser utilizados os jogos de EA e vídeos como ferramentas metodológicas.

Capacitação de facilitadores: capacitar facilitadores de diversos segmentos a fim de multiplicarem informações relativas ao saneamento básico e assim, atuarem no ensino/aprendizagem do tema, em escolas e na sociedade. A capacitação dar-se-á de forma participativa e vivencial com exposições teóricas interativas e utilização de recursos que propiciem o aprendizado. Os conteúdos serão desenvolvidos por meio de exposição dialogada, debates, simulações, apresentação de slides, vídeos, exercícios práticos, visitas monitoradas, dinâmicas de grupo e fornecimento de material informativo.

Palestras: sensibilizar a comunidade acerca da importância da conservação do meio ambiente, em especial dos recursos hídricos, e informar sobre os serviços ofertados pela Sanepar, por meio da abordagem do Ciclo do Rio ao Rio. As abordagens são realizadas a convite de diferentes instituições, em geral escolas, universidades e empresas. De acordo com a disponibilidade de tempo, público e objetivos propostos, são utilizados recursos audiovisuais e/ou outras ferramentas pedagógicas como jogos e dinâmicas.

Ecoexpresso: oferecer um espaço destinado à sensibilização e reflexão sobre a importância da água e do saneamento para a saúde e preservação ambiental, bem como sobre o conceito de sustentabilidade e corresponsabilidade na conservação dos recursos hídricos, buscando a adoção de atitudes sustentáveis no dia a dia. Equipado com uma maquete, o ônibus permite aos

visitantes conhecer por meio de visitas mediadas o caminho da água desde a nascente até a sua disposição final, o esgoto tratado.

Se ligue nesta ideia, sem óleo na rede: alertar sobre o descarte indevido de óleo de cozinha na rede coletora de esgoto, o que provoca entupimentos e prejuízos ao sistema. O projeto é dirigido aos empregados, que se tornam multiplicadores de boas práticas nas suas comunidades. Além da sensibilização dos colaboradores, o programa também faz coleta de óleo usado para encaminhar à destinação correta.

Ecoprosa: é uma ação de comunicação e mobilização. Trata-se de um espaço aberto para debater ações e atitudes sustentáveis que podem ser adotadas pelos saneparianos no dia a dia. Consiste em um café da manhã dialogado com a exposição de um tema para debate.

Se Ligue na Rede: busca combater a ligação incorreta entre o imóvel e a rede coletora de esgoto. A Sanepar fornece assessoria e faz acompanhamento do trabalho de ligação domiciliar. Na implantação de novas redes, as equipes da Sanepar entram antecipadamente em contato com as comunidades e, com o apoio de lideranças e agentes públicos locais, levam informações e orientações sobre a forma correta de fazer a conexão com a rede de coleta.

Sanepar Rural: fornecer expertise, elaboração de projetos, apoio técnico, apoio ambiental e sócio comunitário, treinamento, bem como o fornecimento de materiais hidráulicos e/ou equipamentos, visando a implementação de abastecimento de água potável em comunidades rurais. A GESA é responsável pela atuação social: reuniões comunitárias para educação sanitária, ambiental e para futuro gerenciamento do sistema de abastecimento.

Caixa D'Água Família Paranaense: visa o atendimento às famílias em situação de vulnerabilidade através do fornecimento dos materiais para a instalação da caixa d'água em suas residências, melhorando assim a qualidade de vida dessa população. A GESA promove cursos de capacitação visando a efetiva instalação das caixas d'água pelos beneficiários ou pelos profissionais por eles indicados.

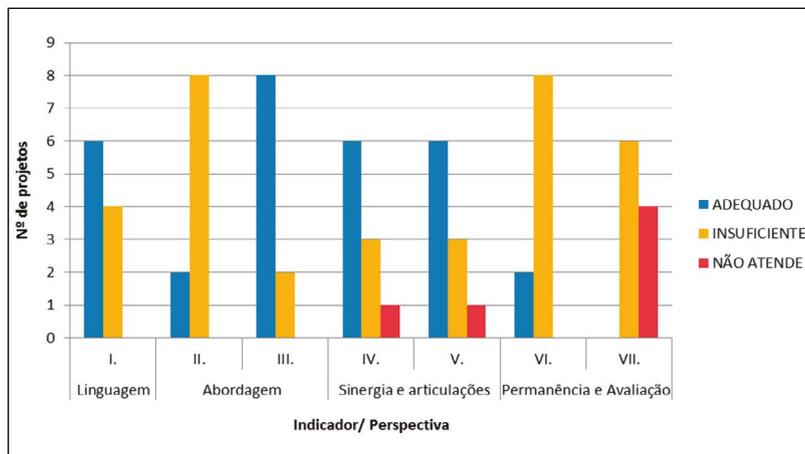
Com a breve apresentação de cada um dos projetos, é possível ter um panorama do enfoque utilizado nas práticas da Companhia. O público externo é prioritário, destacando-se os moradores das áreas de obras e estudantes. Em geral, os projetos buscam apresentar os serviços e importância do saneamento, bem como estimular a reflexão sobre a conservação dos recursos hídricos, fazendo uso da abordagem do Ciclo do Rio ao Rio. As práticas desenvolvidas estão relacionadas aos objetivos da companhia, na medida em que intentam conservar o meio ambiente e promover a responsabilidade social, associando-os à melhoria dos processos operacionais; contudo, quando tomadas no sentido da abordagem da EAC, essas práticas revelam suas limitações e possibilidades de avanço.

Os projetos analisados ainda não realizam as abordagens para além do aspecto utilitarista ou comportamental. Eles se propõem a propiciar a construção do conhecimento sobre as problemáticas relacionadas aos recursos hídricos; contudo, não conseguem em seu desenvolvimento contextualizar as questões socioambientais em suas dimensões histórica, econômica, cultural, política e ecológica.

Ao colocarmos os projetos sob as perspectivas da linguagem, abordagem, sinergia, articulações, permanência e avaliação, analisando-os de acordo com os indicadores a elas associados, possibilita-se indicar se o projeto é: a) adequado: as ações desenvolvidas atendem aos princípios/diretrizes; b) insuficiente: as ações desenvolvidas necessitam de melhorias/modificações para atender ao princípio/diretriz; c) não atende: as ações desenvolvidas não atendem ao princípio/ diretriz. É apresentado no Gráfico 01 o número de projetos e sua avaliação em cada um dos indicadores.

Quando observada a perspectiva da linguagem, percebe-se que a maior parte dos projetos propicia a fácil compreensão e o acesso à informação sobre as questões ambientais de forma clara e transparente, porém, nem todos possibilitam a compreensão dos problemas ambientais, enquanto resultantes do modo de produção atual, um dos aspectos essenciais da EAC.

Gáfcico 01: Número de projetos e sua efetividade sob as perspectivas e indicadores.



Fonte: Os autores (2020)

Em análise sobre a abordagem dos projetos, considerou-se que somente dois deles conseguem efetivamente contextualizar as questões socioambientais em suas diferentes dimensões, indo além das ações de comando e controle os projetos “Sustentabilidade da Escola ao Rio” e o “Se Ligue na Rede”, dadas a abrangência, permanência e metodologias de ação. Os demais projetos conseguem somente destacar os impactos socioambientais causados pelas atividades antrópicas e as responsabilidades humanas na manutenção da segurança ambiental e da qualidade de vida.

Nesse sentido, ainda sob as perspectivas da linguagem e abordagem, é importante ponderar que a mediação é realizada por equipe GESA, equipe terceirizada ou equipe da GR, o que interfere na abrangência teórico-conceitual para a prática. Embora a diversidade de opiniões e formações enriqueça a mediação, o que não pode haver é uma simplificação da abordagem. Assim, se a proposta é para a reflexão crítica, a falta de conceitos pode prejudicar o processo educativo, como por exemplo, nas visitas mediadas às unidades operacionais, palestras ou nos atendimentos do “Ecoexpresso”.

Considerando a perspectiva de sinergia e articulações, os indicadores IV e V, que tratam de mobilização, participação, controle social e integração, apresentaram o mesmo resultado. Seis dos projetos analisados têm a capacidade de mobilização e buscam a integração com ações, projetos e programas desenvolvidos pelo Órgão Gestor da PNEA e pelos estados e municípios. Projetos como “Se Ligue na Rede”, “Sustentabilidade da Escola ao Rio”, “Capacitação de Facilitadores” e “Sanepar Rural” são exemplos dessa articulação. Outros quatro ainda necessitam de melhorias para efetivamente incentivar o exercício do controle social e são incipientes quanto à EA como Política Pública, como as “Visitas Mediadas” e o “Ecoexpresso”.

A perspectiva de permanência e avaliação identificou pontos que interferem na qualidade das práticas. Apesar de todos os projetos analisados serem desenvolvidos há cinco anos² ou mais, alguns não têm periodicidade e/ou abrangência em todas as gerências regionais. Essa condição pode estar relacionada a dois aspectos. Primeiro que, como em parte dos projetos há terceirização de serviços, a agilidade nas contratações pode interferir por vezes na permanência das ações. Segundo, a parceria com as GR é crucial para que o projeto seja desenvolvido e alcance seus objetivos. Se a gerência não estiver sensibilizada e convencida de que a ação terá reflexos positivos em seus processos e melhoria na relação com as partes interessadas, o apoio não existirá.

Por ser um processo educativo, torna-se difícil mensurar e registrar as melhorias esperadas nesse sentido. Ou seja, a realização da atividade educativa com a abordagem crítica não é considerada, sendo indiferente se haverá ou não o desenvolvimento de práticas que objetivem a reflexão sobre a condição social e ambiental estabelecida pelo modo de produção vigente.

Ainda nessa perspectiva, o indicador VII – “Há permanente avaliação crítica e construtiva do processo educativo?” – revelou-se

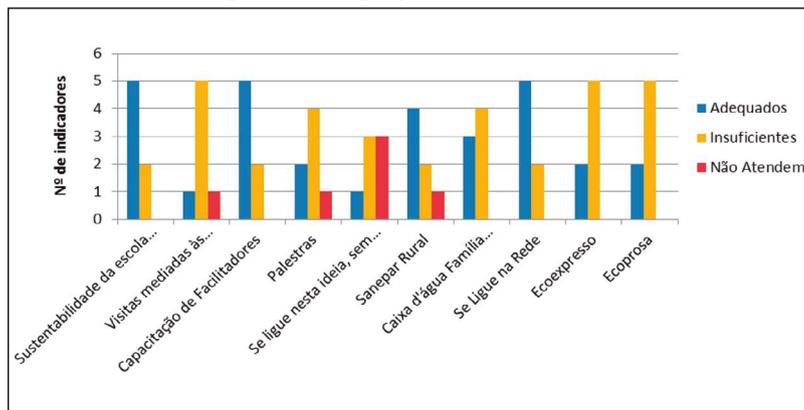
2 Os projetos Caixa D'Água Família Paranaense e Sanepar Rural, já eram desenvolvidos por gerências da Diretoria de Investimentos, mas passaram a integrar o portfólio de projetos da GESA em 2019.

não ser adequada em nenhum dos projetos. A avaliação ocorre, porém, por meio de questionários aos participantes ou relatórios, e a deficiência está em não utilizá-los para repensar a metodologia e gerar mudanças em seu desenvolvimento.

Alguns dos projetos não estão descritos no Sistema Normativo Sanepar (SNS)³, o que impede que alcancem o objetivo estabelecido pelo desenvolvimento de sua proposta metodológica, pois cada gestor ou educador ambiental realiza a prática da forma que pensa ser pertinente. Compreende-se que não se pode padronizar um processo educativo e que ele deve estar aberto às especificidades; contudo, se a norma estivesse criada, seria passível de análise e sujeita a proposições de melhorias.

No objetivo de discutir a contribuição dos programas e projetos, no processo de reflexão-ação sobre a dinâmica sociedade-natureza, a análise de cada um dos dez projetos, pautada nos indicadores propostos (Gráfico 02), permite fazer algumas ponderações:

Gráfico 02: Desempenho dos projetos sob análise dos indicadores.



Fonte: Os autores (2020)

3 O SNS é um sistema disponível na Intranet da Sanepar que agrupa as Instruções de Apoio e de Trabalho, Padrões de Funcionamento, bem como Manuais, para normatização das atividades desenvolvidas por todas as áreas.

O projeto “Sustentabilidade da Escola ao Rio” estimula o diálogo durante as atividades propostas, apresentando informações da realidade social e ambiental da bacia hidrográfica. Para isso, há que se estimular as discussões acerca de possíveis soluções para os problemas identificados, refletindo sobre o papel das instituições e indivíduos nas mudanças intencionadas, o que é válido também para as “Capacitações de Facilitadores”.

As “Visitas Mediadas e Palestras” devem ser planejadas a partir do público alvo e do contexto socioambiental local, buscando ir além do processo informativo sobre os processos operacionais e estimulando a reflexão sobre a importância da gestão compartilhada dos recursos hídricos para desmistificar a ideia de que a Sanepar é a única responsável pela disponibilidade de água. Contudo, a abordagem deve ser transparente quanto às limitações e interferências provocadas no ambiente pelos processos operacionais. O mesmo é indicado para os atendimentos no “Ecoexpresso”.

O ônibus, ou qualquer outra ferramenta itinerante, pode ser mais tecnológico e experiencial. Para que se estabeleça uma abordagem sobre as relações sociedade-natureza, o projeto deve ser complementado por outras ações junto às instituições atendidas.

O projeto “Se Ligue nessa Ideia, sem Óleo na Rede” tem relevância ambiental, porém, pelo volume de óleo que objetiva coletar, não tem reflexo direto na operação do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES). De outra forma, traz benefícios sociais, pois os recursos gerados com a entrega do resíduo são destinados a instituições beneficentes. É uma ação de responsabilidade socioambiental e, de acordo com sua atual proposta metodológica, dificilmente pode gerar uma reflexão mais aprofundada das questões levantadas pela EAC. Já o “Ecoproza”, também no Programa de Educação Ambiental Interno, pode contextualizar as questões socioambientais em suas dimensões histórica, econômica, cultural, política e ecológica, especialmente sobre os processos operacionais da empresa, mas não somente.

As ações de “Educação Ambiental no Sanepar Rural” e no “Caixa D’água Família Paranaense” são primordiais para estabelecer o controle social no saneamento. Por envolver grupos vulneráveis, há que se assegurar que as reuniões sejam dialogadas, transparentes, informativas e que estimulem a reflexão sobre a importância da disponibilização dos serviços de abastecimento. Importante esclarecer a responsabilidade do governo e da Sanepar em disponibilizar a estrutura. Mesmo sendo consolidado e reconhecido, para que o programa “Se Ligue na Rede” continue a realizar seus objetivos, faz-se necessário considerar a diversidade social e ambiental das áreas de intervenção para o planejamento, execução e avaliação das atividades, inovando nos serviços contratados.

O entendimento da necessidade de consolidação de metodologias de avaliação crítica e construtiva dos processos educativos é extensivo a todos os programas e projetos. Assim, como a inserção dos objetivos e proposta metodológica no SNS, daqueles que ainda não o integram.

Considerações finais

A EA ainda é considerada como um processo de apoio à gestão ambiental, a este fato soma-se a complexidade de mensuração de resultados; talvez, por isso, ocorra a análise e execução de suas práticas em superficialidade.

Os gestores, técnicos, educadores responsáveis pelo desenvolvimento das práticas educativas precisam estar sensibilizados para a relevância da atividade que realizam na mudança de comportamento e atitudes dos indivíduos para com o mundo. Isso perpassa a compreensão dos conceitos acerca da EA, o conhecimento dos processos operacionais da Sanepar e especialmente a operação em saneamento.

Embora a maior parte dos projetos traga visibilidade à Sanepar e fortaleça a imagem da empresa, demonstrando sua preocupação com a sociedade e com o meio ambiente, a abordagem utilizada pode ser aprimorada para que as práticas tenham a capacidade de promover mudanças comportamentais e potencializar

melhorias nas comunidades. Apesar do caráter multiplicador dos projetos, há que se estimular seu desenvolvimento junto a populações em vulnerabilidade, bem como buscar a reflexão sobre as relações históricas, culturais e econômicas ampliando o diálogo para que se estabeleça o controle social.

Referências

BOLLMAN, H. A. Metodologia para a avaliação ambiental integrada. *In*: MAIA, N. B.; MARTOS, H. L. ; BARELLA, W. **Indicadores Ambientais**: conceitos e aplicações. São Paulo: EDUC/COMPED/INEP, 2001.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Educação ambiental por um Brasil sustentável**: ProNEA, marcos legais e normativos [recurso eletrônico]. Brasília, DF: MMA, 2018.

COSTA, C. A. S. da; LOUREIRO, C f. B. . Interdisciplinarity and critical environmental education: epistemological issues from historical-dialectical materialism. **Ciênc. educ.** (Bauru), Bauru, v. 21, n. 3, p. 693-708, Set. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132015000300011&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 23 out. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores de desenvolvimento sustentável**. Brasil 2004. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/ids/defaulttab.shtm>>. Acesso em: 24 abr. 2012.

JACOBI, P. Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. **Cad. Pesqui.**, São Paulo n. 118, p. 189-206, Mar. 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-15742003000100008&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 23 Out 2019.

LIMA, G. F. da C. Educação ambiental crítica: do socioambientalismo às sociedades sustentáveis. **Revista Educação e Pesquisa**, São Paulo, v.35, n.1, p. 145-163, jan./abr. 2009.

MAIA, J. S. da S. ; TEIXEIRA, L. A. Formação de Professores e Educação Ambiental na Escola Pública: Contribuições da Pedagogia

Histórico-Crítica. **Revista HISTEDBR On line**, Campinas, n. 63, p. 293-305, jun 2015.

PEDRINI, A. de G; PELLICCIONE, N. B. Educação Ambiental Empresarial no Brasil: uma análise exploratória sobre sua qualidade conceitual. **Revista Mundo & Vida** vol. 8 (1) 2007.

RAYMUNDO, M. H. A. et al. **Caderno de indicadores de avaliação e monitoramento de políticas públicas de educação ambiental: processo de construção participativa e fichas metodológicas**. INPE: São José dos Campos, 2019. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34R/3TADB42>> Acesso em: 02 Fev. 2020.

SAUVÉ, L. Terra: **Desafios contemporâneos da educação ambiental**. Revista Contrapontos - Eletrônica, v.16, n.2 - Itajaí, mai-ago 2016.

SANEPAR. **Intranet**. Disponível em: <<http://intra.sanepar.com.br/>>. Acesso em: 05 Abr. 2020.

Capítulo 3

SANEAMENTO E SAÚDE PÚBLICA: INFRAESTRUTURA SANITÁRIA

Adriano Nascimento Martins
Fernanda Cristina Marques Lima

Introdução

Saneamento é um conjunto de medidas que objetivam a preservação do meio ambiente a fim de prevenir doenças e manter a qualidade de vida do cidadão. Embora o saneamento básico seja um direito assegurado na Constituição Federal de 1988 e pela Lei nº. 11.445/2007, os desafios para sua universalização ainda são enormes e cada vez mais distantes, conforme dados disponibilizados no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), criado em 1996 pelo Governo Federal, a partir do Programa de Modernização do Setor Saneamento (PMSS), atualmente, é vinculado à Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades (SNIS, 2018).

A falta de saneamento básico pode ser percebida no atendimento inadequado da coleta e tratamento de esgotos à poluição dos corpos hídricos, que resulta em prejuízos a outros usos, como o abastecimento de água, além dos evidentes impactos sobre a saúde humana (MURTHA, 2015).

Os baixos índices de investimentos em infraestrutura no saneamento básico, especificamente na distribuição de água potável e na coleta e tratamento do esgotamento

sanitário, refletem diretamente na saúde pública e nas condições de vida da população. No Brasil, segundo dados do SNIS (2018)¹, cerca de 16,38% da população brasileira não têm acesso ao abastecimento de água tratada (quase 35 milhões de pessoas) e 46,85% não dispõem da cobertura da coleta do esgotamento sanitário (aproximadamente 100 milhões de pessoas). Além disso, somente 46% do total de esgoto coletado são de fato tratados (SNIS, 2018).

Grande parte dos investimentos no setor de saneamento básico no Brasil foi construída com base nos investimentos realizados por planos governamentais criados para atender o setor. Podemos citar o Planasa (Plano Nacional de Saneamento) que, nas décadas de 70 e 80, incentivou a criação e o fortalecimento das concessionárias municipais por meio de investimentos não onerosos de bancos públicos, a Caixa Econômica Federal (CEF) e o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) (LEONETI; PRADO; OLIVEIRA, 2011).

A partir de 2014, as prefeituras são condicionadas a validar seus contratos de prestação dos serviços de saneamento à existência de Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), conforme publicação da Lei n.º 11.445/2007. No entanto, somente 42% dos municípios brasileiros possuem PMSB (AGÊNCIA IBGE NOTÍCIAS, 2018).

Ainda diante dessa situação, cabe mencionar que, dentre os PMSB existentes, há grande disparidade e inconsistência, baixa qualidade e dificuldade em tornar esses planos em instrumentos efetivos de planejamento e gestão. Dentre as ODS da ONU, o objetivo de número 6 é “Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos”. Estão definidas neste objetivo as metas de distribuição de água de forma igualitária para a população mundial, a melhoria da qualidade da água, o fim da defecação a céu aberto e a garantia de saneamento para

1 As informações compiladas pelo SNIS possuem cerca de dois anos de defasagem, de maneira que os dados utilizados neste documento são referentes ao ano de 2018.

todos. Com base nos dados do SNIS, percebemos claramente que os avanços são insuficientes para o Brasil cumprir compromissos nacionais e internacionais em água tratada, coleta e tratamento dos esgotos (SNIS, 2018).

Após a criação da Lei nº 11.445/2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, foi institucionalizada a utilização de indicadores de desempenho que passaram a fazer parte do processo de planejamento, regulação e fiscalização de serviços (VON SPERLING Et al., 2013).

Tais indicadores servem para mensurar o desempenho das cidades quanto aos índices de saneamento, influenciando discussões de políticas nacionais e internacionais. Verifica-se que as cidades com maiores investimentos possuem os melhores índices de saneamento básico (TRATA BRASIL, 2017).

Logo, os indicadores básicos de desenvolvimento humano são de importância fundamental para análise da saúde pública, pois documentam as condições de vida da população e demonstram as mudanças naquele espaço social (OPAS/OMS, 2019).

A implantação de mecanismos para elaboração de políticas públicas redistributivas, como subsídios de fundos perdidos, deslocamento de recursos financeiros, investimento sobre a arrecadação e demais ações, são essenciais para o alcance da universalização do saneamento básico. Deste modo, faz-se necessário o monitoramento dos investimentos no saneamento básico, bem como as condições e relações entre as variáveis ambientais, sociais e econômicas.

Frente ao cenário atual do saneamento básico no Brasil, o presente capítulo tem como objetivo analisar os impactos dos investimentos no setor de saneamento básico no Brasil e no Estado do Paraná, através de indicadores relativos à prestação de serviços de abastecimento de água e coleta e tratamento do esgotamento sanitário. Para isso, busca-se analisar o cenário do saneamento básico no Brasil em comparação a situação atual do estado do Paraná; verificar as leis que regulamentam o setor, bem como os acordos internacionais e políticas públicas voltadas para

universalização do saneamento básico; analisar os investimentos com infraestrutura no saneamento básico nos estados brasileiros, em comparação com o estado do Paraná; verificar as políticas utilizadas para aplicação dos investimentos; analisar os índices de saneamento básico através de indicadores de desempenho e relacionar os índices de saneamento básico com investimentos realizados.

Materiais e métodos

Para analisar e identificar os principais fatores que impactam nos baixos índices de saneamento básico, em virtude dos investimentos deficitários, foi selecionado um conjunto de dados e indicadores de aspectos operacionais, econômicos e financeiros.

Os dados foram obtidos do SNIS, que disponibiliza informações para subsidiarem análises objetivas da situação sanitária. Esses dados são fornecidos ao SNIS por companhias estaduais, empresas e autarquias municipais, empresas privadas e também pelas próprias prefeituras, todos denominados no SNIS como prestadores de serviços. O 23º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos (SNIS – AE) levantou informações sobre o abastecimento de água em 5.126 municípios do Brasil, abrangendo 98% da população urbana.

Foi realizado um estudo quantitativo considerando todos os estados brasileiros e utilizando os seguintes dados: (1) População Urbana Total; (2) População Total Atendida com Abastecimento de Água; (3) População Total Atendida com Esgotamento Sanitário; (4) Ligações e Economias Ativas de Água; (5) Ligações e Economias Ativas de Esgoto; (6) Extensão de Rede de Água; (7) Extensão de Rede de Esgoto; (8) Receita e (9) Investimentos Realizados Água/Esgoto. Com base nestas informações, os índices de saneamento básico de cada estado brasileiro foram analisados com relação aos investimentos realizados.

Os resultados obtidos para o estado do Paraná foram comparados com aqueles encontrados para o estado com maior característica demográfica em relação ao Paraná, ou seja, Rio Grande do Sul. Por meio de levantamento sobre as políticas de investimento

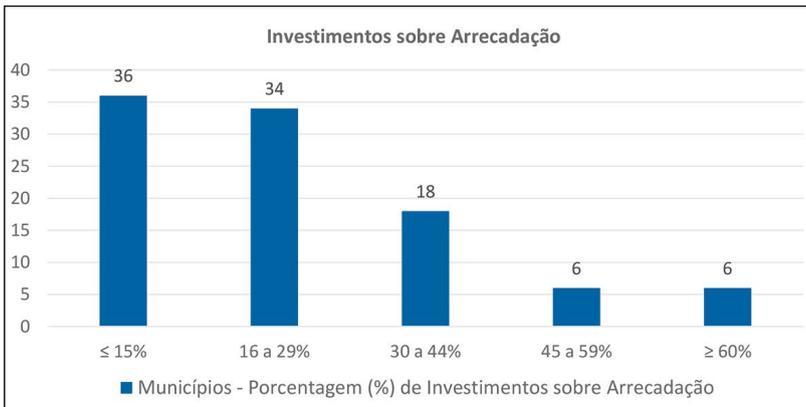
em saneamento básico de ambos os estados, foi realizado um estudo das possíveis relações de causa e efeito entre os investimentos e índices de saneamento básico em cada estado.

Resultados e discussão

Atualmente, os investimentos realizados em saneamento básico no Brasil, estão abaixo do necessário para a universalização dos serviços. De acordo com dados do Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), para alcançar a universalização até 2033, os investimentos deveriam estar em torno de R\$ 24 bilhões ao ano. No entanto, ao longo dos últimos anos, os valores efetivamente investidos ficaram em torno de metade do necessário (R\$ 12 bilhões). Na prática, grande parte das companhias de saneamento possui baixa capacidade de investimento, retardando os avanços em direção à universalização do saneamento (PORTAL SANEAMENTO BÁSICO, 2019).

A Figura 01 traz o histograma para o indicador investimentos sobre arrecadação, ou seja, mostra a frequência dos municípios por faixas de atendimento de 15%, (SNIS 2018). Observa-se nesta Figura que 70% dos municípios investem menos de 30% do valor arrecadado e que alguns poucos municípios (cerca de 6%) investem mais de 60% da receita anual.

Figura 01: Investimentos sobre arrecadação.



Fonte: SNIS (2018)

A aplicação de recursos em saneamento básico reflete diretamente na qualidade de vida da população: segundo dados da Organização Mundial da Saúde (OMS), para cada US\$ 1 gasto em saneamento, são economizados US\$ 4 com saúde pública (OPAS/OMS BRASIL, 2019). De acordo com o Banco Mundial, 1,6 milhões de crianças morrem todo ano devido à diarreia, causada principalmente por condições inadequadas de saneamento básico e higiene (MADEIRA, 2010).

As desigualdades regionais são alarmantes quando verificamos os dados. Enquanto as cidades mais desenvolvidas do país, localizadas em sua maior parte nas regiões Sul e Sudeste, apresentam bons índices e demonstram evolução a cada ano, os estados da região norte do país não gozam do mesmo privilégio. Os cinco piores estados com índices de investimentos no saneamento básico por habitante (R\$/HAB) são: Amapá 7,4; Rondônia 7,7; Piauí 14,30 e Amazonas 15,70 e Pará 16,50. Enquanto os cinco estados que apresentam os melhores índices são: Tocantins 110,80; São Paulo 104,20; Roraima 87,30; Paraná 84,30 e Mato Grosso do Sul 80,10 (SNIS, 2018).

Segundo dados do Instituto Trata Brasil, os maiores investimentos em saneamento básico (água e esgoto), durante três anos, foram nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Rio de Janeiro e Bahia, totalizando 63,3% dos investimentos no país. Já, os estados do Amazonas, Acre, Amapá, Alagoas e Rondônia são os que menos investiram em três anos, totalizando 1,7% (TRATA BRASIL, 2017).

Observa-se na Tabela 01, a correlação entre o volume de investimentos realizados e o desempenho dos indicadores de saneamento. Portanto, os melhores indicadores são provenientes dos municípios que mais investiram em saneamento.

É importante destacar que, segundo o PLANSAB, a necessidade de investimentos no Brasil em água e esgoto, no período 2019-2033, para o alcance da universalização dos serviços é de R\$ 357,150 bilhões, ou R\$ 23,8 bilhões ao ano por um período de 15 anos. Tendo em vista a atual população do Brasil, de acordo com a base do SNIS (208 milhões de habitantes), pode-se estimar uma

necessidade de investimento anual médio por habitante para o Brasil, no período 2019-2033, de R\$ 114,00 por habitante por ano (PORTAL SANEAMENTO BÁSICO, 2019).

Tabela 01: Investimentos realizados e indicadores de atendimento dos vinte melhores e piores municípios de acordo com SNIS (2018).

Indicador	20 melhores	20 piores	Diferença
População Total (IBGE)	22.453.362	13.867.842	62%
Investimento total 5 anos (Milhões R\$)	15.022,38	2.076,47	623%
Investimento médio anual por habitante (R\$/hab.) ¹	133,81	29,95	347%
Indicador de atendimento total de água (%)	99,30%	77,42%	21,88 p.p.
Indicador de atendimento urbano de água (%)	99,96%	79,31%	20,65 p.p.
Indicador de atendimento total de esgoto (%)	96,74%	26,61%	70,13 p.p.
Indicador de atendimento urbano de esgoto (%)	97,79%	27,26%	70,52 p.p.
Indicador de esgoto tratado por água consumida (%)	77,19%	14,99%	62,20 p.p.
Indicador de perdas no faturamento 2018 (%) ²	31,09%	53,94%	- 23 p.p.
Indicador de perdas na distribuição 2018 (%) ³	32,23%	49,82%	- 18 p.p.

1. Valor médio anual investido por habitante em Saneamento Básico, considerando dados de 2014 a 2018.
2. Procura aferir a água produzida e não faturada.
3. Relação entre o volume produzido e volume consumido.

Fonte: SNIS (2018)

Portanto, conforme a Tabela 01, o investimento médio anual por habitante (R\$/hab.)² foi de R\$ 133,81 para os vinte melhores

2 Investimento total nos últimos 5 anos.

municípios e de R\$ 29,95 para os vinte piores municípios, ou seja, a média de investimento realizado pelos vinte melhores municípios está 17% acima. Em contrapartida, a média de investimento realizado pelos vinte piores municípios está 74% abaixo, quando comparados ao patamar nacional médio para universalização do saneamento, que é R\$ 114,00 por habitante por ano.

Analisando os dados fornecidos pelo SNIS, percebe-se que o estado do Paraná está entre os estados Brasileiros com melhor infraestrutura de saneamento básico. Conforme dados da Tabela 02, das vinte melhores cidades em saneamento básico no Brasil e, cinco municípios então localizados no estado do Paraná, ou seja, 25% dessas cidades.

Tabela 02: Ranking das 20 melhores cidades em saneamento básico em 2020.

Município	UF	Ranking 2020	População Total (IBGE)	Investimento 5 anos (Milhões R\$)	Investimento médio anual por habitante (R\$/hab.) ¹
Santos	SP	1	432.957	80,12	37,01
Franca	SP	2	350.400	278,01	158,68
Maringá	PR	3	417.010	173,53	83,23
São José do Rio Preto	SP	4	456.245	191,67	84,02
Uberlândia	MG	5	683.247	358,05	104,81
Piracicaba	SP	6	400.949	356,14	177,65
Cascavel	PR	7	324.476	170,16	104,88
São José dos Campos	SP	8	713.943	237,83	66,62
Ponta Grossa	PR	9	348.043	135,71	77,99

(Tabela 02 – cont.)

(Tabela 02 – cont.)

Município	UF	Ranking 2020	População Total (IBGE)	Investimento 5 anos (Milhões R\$)	Investimento médio anual por habitante (R\$/hab.) ¹
Vitória da Conquista	BA	10	338.885	100,83	59,51
Limeira	SP	11	303.682	110,75	72,94
Campinas	SP	12	1.194.094	525,42	88,00
Londrina	PR	13	563.943	252,00	89,37
Taubaté	SP	14	311.854	53,53	34,33
Suzano	SP	15	294.638	198,13	134,49
Campina Grande	PB	16	407.472	10,79	5,29
Curitiba	PR	17	1.917.185	648,81	67,68
Niterói	RJ	18	511.786	146,14	57,11
São Paulo	SP	19	12.176.866	10.938,75	179,66
Petrópolis	RJ	20	305.687	56,01	36,64
Mediana				105,79	66,23

1. Investimento por habitante, que consiste na média anual dos investimentos dos últimos cinco anos realizados no município sobre a população total daquele município em 2017.

Fonte: SNIS (2018)

No que diz respeito aos investimentos realizados nos últimos cinco anos, a mediana³ de investimentos deste grupo foi de R\$ 105,79. Dos vinte municípios mais bem posicionados no ranking, destaca-se o município de São Paulo (SP), que investiu R\$ 10.938,75 milhões nos últimos cinco anos (2014 a 2018). Um

³ Mediana pode ser o valor do meio de um conjunto de dados, nesse caso foi considerado a média das posições 10 e 11 do Ranking da Tabela 02.

número mais ilustrativo é a mediana do investimento médio anual por habitante dos últimos cinco anos, que ficou em R\$ 66,23.

Para análise mais profunda da situação do estado do Paraná, em relação aos investimentos em saneamento básico (água e esgoto) com os demais estados brasileiros, utilizou-se a base de dados do SNIS–Série Histórica (2018). De acordo com essa base de dados, o Rio Grande do Sul é o estado com maior proximidade do Paraná em relação ao número de População Total (urbana e rural) e População Urbana. O estado do Rio Grande do Sul tem uma População Total de 11.329.605, e uma População Urbana de 9.690.459. Enquanto o estado do Paraná possui uma População Total de 11.348.937 e uma População Urbana de 9.740.311. Esses valores correspondem a 0,17 e 0,51% acima daqueles encontrados para o Rio Grande de Sul, respectivamente.

Segundo dados apresentados na Tabela 03, o estado do Paraná está na frente do estado do Rio Grande do Sul em comparação aos resultados dos indicadores. Analisando o indicador FN033 – Investimentos totais realizados pelo prestador de serviços, onde o estado do Paraná investiu 113,96% a mais que o estado do Rio Grande do Sul – podemos perceber que o indicador FN033, contribuiu para um melhor desempenho nos demais indicadores que, em sua maioria, ficaram favoráveis para o estado do Paraná.

Com relação ao indicador AG003 – Quantidade de economias ativas de água, o estado do Paraná encontra-se 1,31% abaixo com relação ao estado do Rio Grande do Sul; esse fenômeno pode ser explicado pelo número maior de economias de uma ligação de água. Ou seja, uma única ligação de água pode ter uma ou mais economias: é o caso de um edifício residencial que possui somente uma ligação de água, porém, é representada por várias economias ou unidades consumidoras.

Tabela 03: Comparação entre os Indicadores de Desempenho dos Estados do Paraná e Rio Grande do Sul.

Indicador	Paraná	Rio Grande do Sul	Diferença
AG001 - População total atendida com abastecimento de água	10.606.715	9.687.438	9,49%
AG003 - Quantidade de economias ativas de água	4.166.454	4.221.655	-1,31%
AG005 - Extensão da rede de água	58.861	48.906	20,36%
ES001 - População total atendida com esgotamento sanitário	8.040.516	3.599.097	123,40%
ES003 - Quantidade de economias ativas de esgotos	3.029.929	1.454.041	108,38%
ES004 - Extensão da rede de esgotos	38.445	8.605	346,78%
FN033 - Investimentos totais realizados pelo prestador de serviços	967.939.236	452.383.433	113,96%

Fonte: SNIS – Série Histórica (2018)

Em análise ao indicador AG002 - Quantidade de ligações ativas de água, os resultados são os seguintes: o Paraná possui 3.367.195 ligações ativas de água, enquanto o estado do Rio Grande do Sul possui 2.851.784 ligações ativas de água, ou seja, a Paraná tem 18% a mais de ligações de água ativas.

A Tabela 04 apresenta o valor do Investimento Total realizado pelos prestadores de serviço em comparação ao valor da Arrecadação total. Enquanto o estado do Paraná investiu 21% da sua Arrecadação Total, estado do Rio Grande do Sul investiu somente 11%.

A falta de políticas voltadas para implementação do saneamento básico retarda o desenvolvimento do setor. A Lei nº 11.445/2007 estabelece diretrizes para que os estados e municípios elaborem o Plano Municipal de Saneamento Básico –PMSB, com finalidade estratégica para boa gestão e aplicação eficiente dos investimentos no setor.

Tabela 04: Porcentagem de investimento sobre arrecadação total dos Estados do Paraná e Rio Grande do Sul.

Indicador	Paraná	Rio Grande do Sul
FN006 - Arrecadação total	4.566.187.743	3.942.520.032
FN033 - Investimentos totais realizados pelo prestador de serviços	967.939.235,59	452.383.433
Porcentagem do Investimento realizado pelo valor arrecadado	21%	11%

Fonte: SNIS – Série Histórica (2018)

Em 5 de janeiro de 2007, surge no Brasil o ambiente regulado, que é um campo de regulação dos serviços públicos. A regulação apresenta-se como um dos eixos centrais da PNSB, juntamente com os planos municipais de saneamento e os prestadores dos serviços públicos.

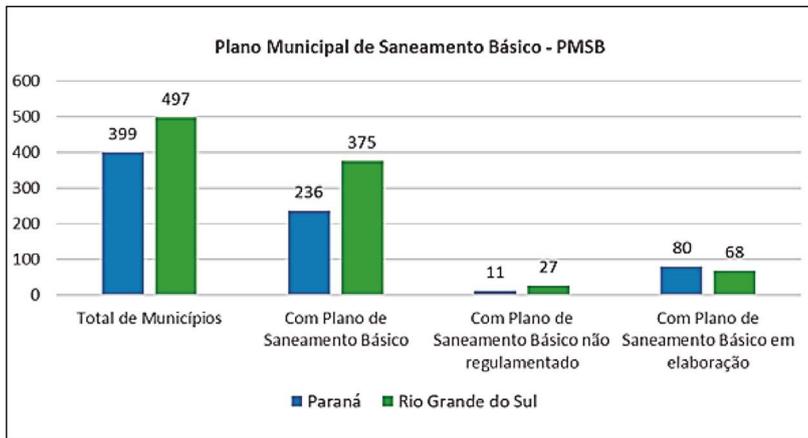
Nos termos do artigo 22 da Lei nº 11.445/07, o ambiente regulado estabelece padrões e normas para a adequada prestação dos serviços para a satisfação dos usuários, garantindo o cumprimento das condições e metas estabelecidas nos contratos e planos de saneamento (ANA, 2020). O ambiente regulador mostra-se de grande importância para as atividades do setor, principalmente no que toca ao efetivo cumprimento das metas estabelecidas pelos planos municipais de saneamento, exigindo-se dos prestadores dos serviços, o respeito ao cumprimento das disposições ali fixadas, que conduzirão os planos de investimentos e a ampliação das atividades de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

A situação do ambiente regulado nos estados do Paraná e Rio Grande do Sul apresenta-se da seguinte forma: no Paraná, a partir de 2016, a Lei Complementar 202 passou a regular e fiscalizar os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário nos municípios paranaenses, os quais são atendidos pela Sanepar. Em todo o Estado, são 346 municípios atendidos pela Sanepar e que passaram a ter os contratos regulados pela AGE-PAR (Agência Reguladora Do Paraná) (AGÊNCIA REGULADORA

DO PARANÁ, 2020). No Rio Grande do Sul, com a vigência da Lei Federal nº 11.445/07, ficou estabelecido que os titulares dos serviços públicos de saneamento básico poderão delegar a organização, a regulação, a fiscalização e a prestação desses serviços, nos termos do art. 241 da Constituição Federal e da Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, cabendo ao Poder Concedente escolher como serão prestados os serviços públicos de saneamento. Desta forma, 288 municípios são conveniados à AGERGS (Agência Estadual de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do Rio Grande do Sul) (AGERGS, 2020).

Na Figura 02, é apresentado o panorama dos PMSB dos estados do Paraná e Rio Grande do Sul.

Figura 02: Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB).



Fonte: Perfil dos Municípios Brasileiros – IBGE (2018)

O Paraná possui 399 municípios, dos quais, 236 têm PMSB. Já, o Rio Grande do Sul possui 497 municípios e desses, 375 possuem PMSB. Portanto, são 59% dos municípios do estado do Paraná e 75% dos municípios do Rio Grande do Sul que possuem PMSB.

Apesar dos estados do Paraná e Rio Grande do Sul apresentarem dados populacionais muito próximos, há uma grande diferença quanto ao número de municípios. O Rio Grande do Sul

possui 98 municípios a mais que o Paraná. No entanto, apesar de 75% dos municípios do Rio Grande do Sul possuírem PMSB, os dados dos indicadores de desempenho do Rio Grande do Sul são inferiores aos do Paraná. O grande desafio na cobertura de coleta de esgotos ainda permanece no Norte, seguido do Nordeste. Das dez piores cidades neste indicador, nove são do Norte ou Nordeste, com destaques para as capitais Belém (PA), Manaus (AM), Macapá (AP) e Porto Velho (RO).

Na contramão, outras cidades apresentam índices praticamente universalizados em relação à porcentagem de população com acesso à coleta de esgoto, dentre as quais o Paraná se destaca.

Tabela 05: Atendimento total de esgoto.

Município	UF	IN056 - Índice de atendimento total de esgoto (%)
Piracicaba	SP	100,00
Cascavel	PR	99,99
Curitiba	PR	99,99
Londrina	PR	99,98
Maringá	PR	99,98
Ponta Grossa	PR	99,98
Santos	SP	99,93
Taubaté	SP	99,72
Franca	SP	99,62
Santo André	SP	98,87

Fonte: SNIS (2018)

Considerações finais

O presente capítulo teve o objetivo de verificar a influência dos investimentos no setor do saneamento básico no Brasil e no estado do Paraná, com base no conjunto de indicadores que permitem visualizar a situação, com relação à universalização do saneamento básico. Tentou-se observar as diferenças entre os investimentos realizados em cada região, em comparação aos índices de saneamento básico representados em forma de indicadores de desempenho.

Os resultados desse estudo indicaram que as regiões com maior investimento são as mesmas que apresentam melhor desempenho no conjunto de indicadores analisados. Tanto no estudo do cenário nacional, quanto no cenário do estado do Paraná, ficou evidente que os municípios e os estados que realizaram os maiores investimentos foram os que obtiveram melhor desempenho dos indicadores.

Ainda, observou-se que apesar do Rio Grande do Sul ter um maior número de cidades com PMSB, isso não garante que os resultados sejam eficientes. Todavia, o ambiente regulador é de grande importância para o setor, pois desenvolve mecanismos que incentivam a eficiência das concessionárias, permitindo uma melhor eficiência para canalização e expansão da infraestrutura. Contudo, a regulação proporciona um ambiente mais estável para realização de investimentos públicos e privados no setor.

O estudo indicou também que, em grande parte do Brasil, os indicadores de acesso ao saneamento básico estão longe de serem alcançados. Entretanto, algumas regiões apresentaram eficiência em relação aos índices de saneamento frente a políticas consistentes de investimentos.

Referências

AGÊNCIA IBGE NOTÍCIAS. **Munic: mais da metade dos municípios brasileiros não tinha plano de saneamento básico em 2017**. 2018. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/>

agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/22611-munic-mais-da-metade-dos-municipios-brasileiros-nao-tinha-plano-de-saneamento-basico-em-2017>. Acesso em: 12 set. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Saneamento**. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/aguas-no-brasil/saiba-quem-regula/saneamento>>. Acesso em: 12 abr. 2020.

AGÊNCIA REGULADORA DO PARANÁ. **Saneamento Básico**. Disponível em: <<http://www.agepar.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=68>>. Acesso em: 12 abr. 2020.

AGÊNCIA ESTADUAL DE REGULAÇÃO DOS SERVIÇOS PÚBLICOS DELEGADOS DO RIO GRANDE DO SUL. **Saneamento**. Disponível em: <<https://www.agergs.rs.gov.br/saneamento>>. Acesso em: 12 abr.2020.

BRASIL. **Lei nº 11.107**, de 6 de abril de 2005. Dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/111107.htm>. Acesso em: 12 set. 2019.

BRASIL. **Lei nº 11.445**, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/L11445compilado.htm>. Acesso em: 12 set. 2019.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Benefícios econômicos e sociais da expansão do saneamento no Brasil**. 2017. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/estudos/beneficios-ecosocio/relatorio-completo.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2019

LEONETI, A. B.; PRADO, E. L. do; OLIVEIRA, S.V.W. B. de. Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI. **Rev. Adm. Pública**, Rio de Janeiro, v. 45, n. 2, p. 331- 348, abr. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-76122011000200003&lng=pt&nrn=iso>. Acesso em: 14 abr. 2020.

MADEIRA, Rodrigo Ferreira. O setor de saneamento básico no Brasil e as implicações do marco regulatório para a universalização do acesso. **Revista do BNDES**. 33, p. 125, 2010.

MURTHA, N. A.; CASTRO, J. E.; HELLER, L. Uma perspectiva histórica das primeiras políticas públicas de saneamento e recursos hídricos no Brasil. **Ambiente & Sociedade**. v. XIII. n. 3. p.193-210. jul-set.2015.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, BRASIL, **17 Objetivos para transformar nosso mundo | ONU Brasil**. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/>>. Acesso em: 16 set. 2019.

OPAS/OMS. **INDICADORES DE SAÚDE: Elementos Conceituais e Práticos (Capítulo 2)**. Disponível em: <https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=14402:health-indicators-conceptual-and-operational-considerations-section-2&Itemid=0&showall=1&lang=pt/>. Acesso em: 16 set. 2019.

OPAS/OMS BRASIL. **Saúde mental: é necessário aumentar recursos em todo o mundo para atingir metas globais**. Disponível em: <https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=5694:saude-mental-e-necessario-aumentar-recursos-em-todo-o-mundo-para-atingir-metas-globais&Itemid=839>. Acesso em: 16 set. 2019.

PORTAL SANEAMENTO BÁSICO - **Ranking mostra grande distância para cumprimento das metas de saneamento básico**. Disponível em: <<https://www.saneamentobasico.com.br/ranking-metas-saneamento-basico/>>. Acesso em: 16 set. 2019.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2018**. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2018>>. Acesso em: 05 set.2019.

VON SPERLING, T. L. et al. Proposição de um sistema de indicadores de desempenho para avaliação da qualidade dos serviços de esgotamento sanitário. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [s.l.], v. 18, n. 4, p.313-322, dez. 2013.

Capítulo 4

A SUSTENTABILIDADE E O CALENDÁRIO DE MESA SANEPAR

Thays Renata Poletto

Mateus Luiz Biancon

Introdução

Como sociedade de economia mista e de capital aberto, a Sanepar é uma das maiores empresas em operação no estado do Paraná e uma referência no setor de saneamento. Com sede em Curitiba, a empresa presta serviços de saneamento básico em 346 cidades, fornecendo água tratada a 100% da população urbana dos municípios atendidos e coletando mais de 70% do esgoto. Para sete municípios, a Sanepar oferece o serviço de coleta e tratamento de resíduos, operando três aterros sanitários (SANEPAR, 2017).

Lembrando que sua missão é “prestar serviços de saneamento ambiental de forma sustentável, contribuindo para a qualidade de vida” e entre suas políticas internas, destacam-se sua política ambiental (“buscar a sustentabilidade ambiental, social e econômica”) e sua política de comunicação (“divulgar e dar transparência às suas ações para o fortalecimento de sua imagem junto a seus públicos para o cuidado com a água” (SANEPAR, 2019a). Com cerca

de sete mil empregados¹ lotados em diversas cidades do Paraná e que atuam em setores bastante diferentes entre si (como produção de água, contabilidade, informática, mercados e comunicação social), a Sanepar sempre está em busca de estratégias de integração e divulgação interna de seus processos e atividades entre seus mais diversos profissionais, bem como de promover a sustentabilidade.

Entre essas estratégias, está o calendário de mesa da empresa, criado em 1996. Por 14 anos, esse material foi produzido exclusivamente pelas áreas de Comunicação e de Recursos Humanos, com a divulgação de fotos profissionais de obras, estruturas e equipamentos da Sanepar. A partir de 2010, as fotos que ilustram o calendário passaram a ser amadoras, escolhidas em um concurso aberto aos empregados, a partir de um projeto com cinco objetivos: 1) valorização e formação do empregado; 2) integração interna; 3) contribuição para a sustentabilidade, EA, divulgação interna e organização do trabalho; 4) articulação com a missão e políticas da empresa e 5) fortalecimento da imagem positiva da Sanepar (SANEPAR, 2010). A empresa é a única companhia de saneamento no Brasil (AESBE, 2019) a ter esse processo de produção participativa em relação ao seu calendário.

Na Sanepar, o uso da fotografia está presente na documentação para registro histórico, na divulgação de suas ações e como elemento comprobatório em diversos casos, como na fiscalização de obras e de fraudes em hidrômetros. A fotografia faz parte da cultura da empresa também com os registros sendo organizados como documentação da memória do saneamento, trabalho sob responsabilidade da área de Patrimônio Histórico da Companhia. O que se percebe, e tem sido crescente, dentro e fora da empresa,

1 O trabalhador do quadro próprio da Sanepar é um servidor público, não sendo correto chamá-lo de funcionário ou colaborador. Entre os 7 mil empregados estão os concursados, os admitidos antes da Constituição de 1988 e os diretores (que podem ser profissionais externos, admitidos em caráter especial sem concurso). Por isso, este capítulo utiliza as palavras empregado e sanepariano (algunha dada àquele que é empregado da Sanepar) para referir-se ao trabalhador da Sanepar.

é a demanda por imagens, facilitada pelo atual estágio das tecnologias para criar e compartilhar fotos – tão à mão quanto um celular.

Este estudo pretende analisar processos ligados ao concurso de fotografia para a produção dos calendários de mesa da Sanepar em relação à contribuição para a sustentabilidade, bem como descrever os procedimentos gerais do concurso analisando o projeto – regulamentos e temas dos concursos – as imagens ilustrativas e as informações disponíveis nas legendas, capas e contracapas dos calendários, e identificando as dimensões da sustentabilidade.

As dimensões da sustentabilidade

Diversos autores apontam para a importância do Relatório de Brundtland como uma ação que envolveu a ONU no debate ambiental de maneira definitiva e, ao mesmo tempo, tornou inegável a análise da polarização do crescimento econômico mundial. Na contramão disso, manteve o debate ambiental alimentado por um ‘ciclo vicioso’, pois se por um lado escancara a problemática ambiental, por outro justifica a necessidade de intensificar o crescimento econômico para atender às necessidades de todos, como se o modelo de crescimento dos países desenvolvidos a ser seguido pelos países em desenvolvimento fosse critério à modernização, à qualidade de vida e à preservação ambiental (pautando-se numa crença cientificista de que pelos avanços tecnológicos e científicos seriam sanados os problemas ambientais) (MENDES, 2018, p. 24).

Para Tárrega e Perez (2007) o desenvolvimento sustentável não pode ser alcançado apenas com crescimento econômico e a proteção ambiental, pois depende ainda de um terceiro pilar: equidade social e bem-estar. Também Almeida (2002) afirma que, para o estudo da sustentabilidade, é importante considerar as suas três dimensões (econômica, ambiental e social), já que elas estão interrelacionadas. Esses autores baseiam-se no conceito de *Triple Bottom Line* (a linha das três pilastras, criada por John Elkington em 1994), que considera que, para haver desenvolvimento

sustentável, ele deve ser economicamente viável, ambientalmente correto e socialmente justo (ELKINGTON, 2012).

Numa visão mais holística, Sachs (2002) amplia essas dimensões considerando também a existência das dimensões espacial e cultural. Seriam, assim, para ele, cinco os pilares da sustentabilidade do ecodesenvolvimento, conceito bastante defendido por Sachs. Para o autor, a dimensão da sustentabilidade social se refere à busca de outra lógica de desenvolvimento civilizatório, “com maior equidade na distribuição de renda e de bens, de modo a reduzir o abismo entre os padrões de vida dos ricos (*‘haves’*) e dos pobres (*‘have-nots’*)” (SACHS, 2007, p. 181). Para este mesmo autor (1993, p. 25), a pobreza e outros problemas sociais não são causas do desequilíbrio ambiental, mas suas consequências.

O objetivo é construir uma civilização do *‘ser’*, em que exista maior equidade na distribuição do *‘ter’* e da renda, de modo a melhorar substancialmente os direitos e as condições de amplas massas de população e a reduzir a distância entre padrões de vida de abastados e não-abastados.

A sustentabilidade econômica volta-se para a gestão eficiente de recursos, com gerenciamento constante de investimentos públicos e privados, valorizando a economia macrossocial “e não apenas por meio da rentabilidade empresarial de caráter microeconômico” (SACHS, 2007, p. 181). A dimensão ecológica refere-se ao uso dos recursos do planeta para um desenvolvimento que cause o menor dano possível “aos sistemas de sustentabilidade da vida”. A dimensão espacial preocupa-se com a “configuração rural-urbana mais equilibrada” (SACHS, 2007, p. 182). A dimensão cultural está voltada ao respeito às diferentes expressões culturais, às identidades e tradições das comunidades locais. Para outros autores, a sustentabilidade teria, ainda, as dimensões política, jurídica, tecnológica, psicológica e ética.

A dimensão política nacional tem relações com a democracia, com os direitos humanos, com a coesão social, com a participação da população, Estados e empresas na solução de problemas ambientais. O autor esclarece que a dimensão política

internacional está ligada à cooperação mundial para a garantia da paz, para a cooperação científica e tecnológica internacional, evidenciando-se a preservação da biodiversidade, o respeito à diversidade cultural e à “gestão do patrimônio global como herança da humanidade” (MENDES, 2009, p. 52).

Em relação à dimensão jurídica, Freitas (2012, p. 67) afirma que “a sustentabilidade determina, com eficácia direta e imediata, independentemente de regulamentação, a tutela jurídica do direito ao futuro”, sendo um dever proteger a liberdade de cada pessoa, bem como os direitos das gerações presentes e futuras. A dimensão tecnológica diz respeito ao uso da ciência para a solução de problemas ambientais e para a construção de um modelo viável de vida em sociedade.

Ferrer e Cruz (2017, p. 40) afirmam que “as clássicas dimensões da sustentabilidade estão indefectivelmente determinadas por esse fator”. Já a dimensão psicológica e a dimensão ética nos permitem ver os seres humanos como seres complexos.

Mendes (2009, p. 52) afirma que, a dimensão psicológica “é indispensável para o entendimento e compreensão da sustentabilidade, pois, por meio da psicologia, pode-se constatar e averiguar a relação do ser humano com o meio ambiente”. Sobre a dimensão ética, Souza e Garcia (2016, p. 137) defendem que ela é a que pode “preservar a ligação intersubjetiva e natural entre todos os seres, projetando-se aí os valores de solidariedade e cooperação, que afastam a ‘coisificação’ do ser humano”.

Materiais e métodos

Neste estudo, foram analisados os documentos referentes às dez edições do concurso de fotografia da Sanepar, sendo eles: o Projeto Calendário Sanepar – Concurso Interno de Fotografia e os regulamentos de cada um dos dez concursos, os temas dos concursos, as 120 imagens selecionadas que ilustram os calendários de mesa da Sanepar junto com as informações divulgadas nas legendas, as capas e contracapas dos calendários. A análise voltou-se para o terceiro objetivo do projeto do concurso de fotografia (“contribuição para a sustentabilidade”), buscando,

a partir do referencial teórico, compreender que dimensões da sustentabilidade estão presentes nos processos referentes ao concurso em relação a normas gerais, possibilidade de inscrições e participação, organização do concurso, composição de comissões, julgamento e apresentação de informações em legendas, capas e contracapas dos calendários. Foi considerada 100% da mostra de calendários produzidos a partir do concurso interno de seleção de fotos.

Para mensurar a frequência da ocorrência de alguns aspectos (como o gênero dos vencedores do concurso, por exemplo), utilizou-se tratamento estatístico (análise quantitativa de dados). Também foram observados, neste estudo, os discursos apresentados tanto em textos quanto em imagens. Assim, considerando Severino (2016, p. 18), para a realização da análise, também foi utilizada a metodologia da análise de conteúdo definida pelo autor como “uma metodologia de tratamento e análise de informações constantes de um documento, sob forma de discursos pronunciados em diferentes linguagens: escritos, orais, imagens, gestos”.

Quanto ao tratamento dos resultados, neste capítulo, foi realizada análise de dados numéricos, observando-se a repetição da ocorrência de dados em textos e em imagens, bem como uma análise de conteúdo das informações apresentadas em relação às dimensões da sustentabilidade, expostas na revisão bibliográfica, numa interpretação também qualitativa do material.

O calendário

O “Projeto Calendário Sanepar - Concurso Interno de Fotografia” (SANEPAR, 2010) traz ideias gerais, como objetivos, tipo e composição de comissões, estratégias de divulgação do concurso interno e periodicidade. Cada edição realizada do concurso possui um regulamento específico, com normas para a seleção de até 12 imagens (SANEPAR, 2019b). Tradicionalmente, os regulamentos tornam-se públicos em 23 de janeiro e, a partir dessa data, abrem-se as inscrições, que são encerradas em 5 de junho. Desta forma, o regulamento confirma, explicitamente, que a empresa

entende como relevante o dia de sua fundação (23 de janeiro), importante para sua identidade, e o Dia Mundial do Meio Ambiente (5 de junho), data que trata da proteção ambiental, vital para a continuidade de uma atividade na área de saneamento. Essas duas datas também estão marcadas nas legendas mensais dos calendários, assim como outras (entre elas, o Dia do Rio, Dia da Proteção das Florestas, Dia da Terra). A Sanepar demonstra, assim, que tanto entende a importância das questões ambientais quanto deseja que ela não seja esquecida por empregados. Percebe-se que as datas no regulamento e as legendas vinculam-se às dimensões ambiental, econômica, social, política, cultural e psicológica.

Todas as edições do concurso possuem três comissões de trabalho (Organizadora, de Aceite e Julgadora). A Comissão Organizadora sempre é formada por três empregados da Sanepar representando as áreas da Comunicação, Recursos Humanos e Meio Ambiente. A Comissão Organizadora e a de Aceite são formadas apenas por empregados, de modo a garantir sigilo com os dados dos inscritos (dimensão ética). Da Comissão Julgadora, participam tanto empregados da Sanepar quanto profissionais do mercado, com pelo menos cinco anos de atuação em profissões ligadas à imagem (como fotógrafos, editores de imagens, jornalistas, publicitários e professores universitários). Esses profissionais atuam de forma voluntária e passam a conhecer melhor a Sanepar, o que pode criar laços com a comunidade, favorecendo as dimensões econômica, social e cultural. Se os profissionais avaliam com olhar técnico as fotos, os saneparianos no júri garantem que sejam reconhecidos os assuntos internos.

Em relação à permissão para as inscrições, o concurso aceita apenas as de saneparianos com vínculo direto com a empresa. A dimensão psicológica é favorecida com a ideia de que há uma identidade sanepariana e de que o concurso valoriza o olhar de quem tem essa identidade, mesmo que aposentado. Profissionais do setor de Comunicação da Sanepar são proibidos de participar, o que torna a concorrência mais justa, já que os demais empregados são formalmente amadores em fotografia.

Observando as legendas das fotos vencedoras, tendo em vista os dados dos participantes, percebe-se que há relação entre a realidade da empresa e a seleção de participantes. Entre os vencedores, há mais homens (68%) do que mulheres (32%) e a maioria (59%) é de outras cidades e não da capital (28%); o que reflete tanto a diferença entre a força de trabalho masculina (70%) e a feminina (30%) na Sanepar quanto à situação de alocação de trabalhadores, já que a empresa possui um número maior de empregados nas 344 outras cidades em que atua do que apenas na capital.

Os requisitos para a participação promovem um clima de igualdade entre os gêneros, entre chefias e chefiados, entre quem possui e quem não possui um bom equipamento para a captura de imagens (91% das imagens selecionadas nos concursos são provenientes de celular). Assim, promove-se a dimensão cultural na construção coletiva de um documento que se torna parte do acervo e da história da Sanepar. A obra do empregado transforma-se numa herança cultural que ele deixa para a empresa e seu nome passa também a fazer parte dessa história. Neste ponto, inserem-se todas as dez dimensões da sustentabilidade, mas são mais intensas a cultural e a psicológica, pois a identidade do vencedor, sendo a de um sanepariano, integra o rol restrito de contribuintes que preservam a história da empresa.

Os temas de cada concurso têm sido variados, mas trazem uma clara vinculação com a dimensão ambiental (Ano Internacional das Florestas – 2011, Sanepar e Sustentabilidade – 2012), social (A Sanepar e a Comunidade – 2015; A Sanepar e os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável – 2020) e com a dimensão econômica (Sanepar: 50 anos – 2013, A Sanepar pra mim – 2014, A Sanepar e seus Serviços – 2016, A água da Sanepar é de beber – 2017; Sanepar: 55 Anos – 2018; Sanepar: Qualidade e Excelência – 2019). Estes últimos temas são voltados às particularidades do negócio da Sanepar. Assim, a variação de temas do concurso tem considerado o tripé da sustentabilidade (meio ambiente, sociedade e economia), sendo a parte do negócio propriamente dito a que teve mais edições até o momento.

As escolhas dos temas influenciam diretamente as imagens que ilustram os calendários, bem como o tipo de reflexões propostas ao seu público-alvo. Temas como o “A Sanepar e a Comunidade” (2015), “A Sanepar e seus Serviços” (2016) e “A Sanepar e os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável” (2020) trazem a abrangência externa das atividades da Sanepar e sua rede de relacionamentos (dimensão social). Mas, a tentativa de ampliar as reflexões parece estar em edições como a de 2011, cujo tema foi “2011 - Ano Internacional das Florestas” e, em 2020, “A Sanepar e os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável”. Ambos os temas estão ligados ao trabalho da ONU, sendo a primeira edição parte dos anos comemorativos da entidade e, a outra, uma agenda global em busca do desenvolvimento sustentável. Esses temas ampliam a discussão sobre sustentabilidade e sobre as relações das atividades da Sanepar com o ambiente como um todo (sem floresta, não há água) ou sobre os seus impactos (podemos contribuir com a agenda mundial dos ODS). Pode-se dizer também, que, na edição de 2012, o tema provocava, em algum grau, essa reflexão referente ao mundo externo – “Sanepar e Sustentabilidade”, mas quando são observadas as imagens selecionadas, a intenção parece ter sido a de manter apenas relatos internos.

As edições que remetem ao aniversário da empresa – Sanepar: 50 anos”, em 2013, e “Sanepar: 55 Anos”, em 2018, voltam-se explicitamente para a história do negócio da empresa, mas curiosamente não trazem fotos de arquivo de empregados antigos ou mesmo de algum empregado já aposentado como vencedor. Outras edições trazem ainda mais fortemente a ligação com o discurso interno com o negócio da Sanepar: “A Sanepar pra mim” (2014) e “Sanepar: Qualidade e Excelência” (2019).

Mesmo com temas variados, as imagens remetem, como assunto principal, à água (64,2%). O esgoto, o segundo maior serviço da empresa e o que mais cresce em número de ligações e extensão de redes, é motivo de apenas 7,5% das fotos. Os resíduos sólidos, terceiro serviço ofertado pela Sanepar, apareceu apenas em uma única lâmina mensal durante os dez anos de produção do

calendário via concurso. Verificou-se que dois dos serviços mais importantes (esgoto e resíduos sólidos) da Sanepar, para a preservação ambiental e para a qualidade da água, aparecem menos em seu próprio calendário interno do que outros assuntos que não são nenhum dos serviços da Sanepar, e que já foram motivo de 27,5% das imagens selecionadas.

Há regulamentos que mantêm como obrigatório o uso de imagens obtidas dentro da empresa e outros que flexibilizam isso, dizendo que “preferencialmente as imagens devem ser obtidas dentro da empresa”. Em relação a esse item, percebeu-se que, dentre as 120 imagens analisadas, 47,5% eram de ambientes internos da Sanepar, 8,3% eram de ambientes domésticos e o restante era de outros ambientes (sem a possibilidade de identificação). Dentre as 120 imagens selecionadas, 54% retratavam paisagens (nestas, a paisagem é de um ambiente da Sanepar em 32,5%). Também se verificou que 16% eram de espaços urbanos, 3% de espaços rurais e apenas uma imagem, nestes dez anos de concurso, era de uma ação no litoral. A flora aparece em 54% das 120 fotos e, a fauna, em 8% delas.

Percebe-se que, tanto é importante ter a divulgação da Sanepar dentro da própria empresa, quanto é importante que as imagens do calendário demonstrem as atividades da Companhia na sociedade, em ambiente externo; sem a possibilidade de imagens externas não há como serem divulgados assuntos como a Tarifa Social, o aproveitamento de esgoto na agricultura e a Operação Verão. Assim, conforme verificou-se neste levantamento, as imagens obtidas fora dos ambientes da Sanepar permitem que todas as dimensões da sustentabilidade possam estar presentes nos registros imagéticos de uma empresa que se deseja sustentável.

Constatou-se também que em 36% das fotos aparecem pessoas. Destas, 28% são de adultos e 8% de crianças. Dos adultos retratados, 9% são empregados, 2% são clientes e o restante não se sabe. As fotos com pessoas aparecem mais em calendários com temas como “A Sanepar e a Comunidade”, de 2015, e “A Sanepar e seus Serviços”, de 2016. Esse tipo de imagem favorece muitas das dimensões da sustentabilidade, como a social e a cultural.

Quanto às legendas, verificou-se que apenas duas edições (2016 e 2019) trazem informações completas (ano do calendário, tema do concurso, nome do autor da foto, a cidade do autor, a área de trabalho do autor, a cidade ou local onde a foto foi tirada) e somente a de 2016 traz legendas mensais com explicações sobre as fotos. A falta de detalhes das imagens reduz a possibilidade de se trabalhar a dimensão cultural, perdendo-se o valor de documento histórico do calendário, dificultando a pesquisa das fotos no acervo e excluindo a possibilidade de levar, aos empregados e estudiosos, as informações completas que a Sanepar supostamente deseja veicular aos seus empregados.

Considerando-se o conjunto de documentos, informações e imagens analisados, percebe-se que o concurso e os calendários podem contribuir com todas as dimensões da sustentabilidade, mas que isso se dá primeiramente pela proposição da reflexão dos temas escolhidos como mote em cada edição. Essa proposição afeta, primeiramente, aqueles empregados que se propõem a pensar e a produzir imagens para participar da seleção. Mas, depois que as fotos estão impressas nos calendários e passam a fazer parte do cotidiano de todos os escritórios da Sanepar, em todos os dias do ano, essa proposição torna-se parte da rotina de todos os empregados – e cada vez que se confere uma data no calendário, haverá contato com o discurso presente naquele material.

Considerações finais

Considerando as dez dimensões da sustentabilidade (econômica, ambiental, social, espacial, cultural, política, jurídica, tecnológica, psicológica e ética), verificou-se que elas estão presentes, em diferentes intensidades, nos processos ligados ao concurso para a produção dos calendários de mesa da Sanepar. Internamente, criam a sensação de ética e de equidade pois, na inscrição, não há discriminação de gênero, localidade, grau de poder interno (cargo de chefia) ou de poder econômico (ter ou não um equipamento fotográfico), tipo de atuação (empregado da ativa ou aposentado).

São os temas de cada edição do concurso que mais interferem nas fotos selecionadas e, assim, também na possibilidade de se promover, com essas imagens, as reflexões sobre a sustentabilidade em todas as suas dimensões. É a partir das imagens e informações que a Sanepar disponibiliza no seu calendário, ambos frutos dos temas propostos em seus concursos internos de fotografia, que esse material pode se tornar uma ferramenta importante na desejada contribuição para a sustentabilidade. É preciso que os temas sejam mais que convites para a reflexão: eles precisam ser uma provocação para pensar sobre sustentabilidade.

Nesse sentido, a Sanepar poderia selecionar temas ligados a todas as dimensões da sustentabilidade, utilizando esse mesmo tema para diversas outras atividades na empresa. Um trabalho integrado na Companhia com um conjunto de ações internas em torno de um mesmo “ano-tema” poderia trazer mais resultados nessa busca pela sustentabilidade – e quiçá também em relação aos outros objetivos do concurso. O convite à reflexão (ou a provocação) ganharia mais força e visibilidade.

Referências

AESBE. **Câmara Técnica de Comunicação – Ata 2019**. Aesbe/CTCI: Curitiba, 2019.

ALMEIDA, F. **O bom negócio da sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2002.

ELKINGTON, J. **Sustentabilidade, canibais com garfo e faca**. São Paulo: M. Books do Brasil, 2012.

FERRER, G. R.; CRUZ, P. M. Direito, sustentabilidade e a premissa tecnológica como ampliação de seus fundamentos. *In*: SOUZA, M. C. da S. A. de; REZENDE, E. N. **Sustentabilidade e meio ambiente: efetividades e desafios**. Belo Horizonte: Editora D’Plácido, 2017.

FREITAS, J. **Sustentabilidade: direito ao futuro**. 2. ed. Belo Horizonte: Fórum, 2012.

MENDES, C. B. **Ecosocioeconomia e Sustentabilidade** - contribuições ao Saneamento Ambiental. Jacarezinho: UENP/CEAD, 2018.

MENDES, J. M. G. Dimensões da Sustentabilidade. **Revista das Faculdades Integradas Santa Cruz de Curitiba – Inove**. Curitiba, v. 7, n. 2, p. 49-59, 2009.

ONU. **17 Objetivos para transformar nosso mundo**. 2015. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/ods6/>>. Acesso em: 2 nov. 2019.

ONU. **Declaração de Estocolmo sobre o Ambiente Humano**. 1972. Disponível em: <<http://www.direitoshumanos.usp.br/index.php/Meio-Ambiente/declaracao-de-estocolmo-sobre-o-ambiente-humano.html>>. Acesso em 6 dez. 2019.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2002.

SACHS, I. **Estratégias de Transição para o Século XXI - Desenvolvimento e Meio Ambiente**. São Paulo: Studio Nobel – Fundap, 1993.

SACHS, I. **Rumo à socioeconomia** – teoria e prática do desenvolvimento. São Paulo: Cortez, 2007.

SANEPAR. Companhia de Saneamento do Paraná. **Princípios e valores**. Disponível em: <<http://site.sanepar.com.br/a-sanepar/principios-e-valores>>. Acesso em: 5 jun. 2019a.

SANEPAR. Companhia de Saneamento do Paraná. **Projeto Calendário Sanepar - Concurso Interno de Fotografia**. Curitiba: Companhia de Saneamento do Paraná, 2010.

SANEPAR. Companhia de Saneamento do Paraná. **Regulamentos - Calendário Sanepar - Concurso Interno de Fotografia**. Curitiba: Companhia de Saneamento do Paraná, 2019b.

SANEPAR. Companhia de Saneamento do Paraná. **Relatório Administração e de Sustentabilidade**. Curitiba: Companhia de Saneamento do Paraná, 2017.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do Trabalho Científico**. 24. ed. rev. e atual. São Paulo: Cortez, 2016.

SOUZA, M. C. da S. A. de; GARCIA, R. S. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: desdobramentos e desafios pós-relatório Brundtland. *In*: SOUZA, M. C. da S. A. de; REZENDE, E. N. **Direito e sustentabilidade II**. Florianópolis: CONPEDI, 2016.

TÁRREGA, M. C. V.; PEREZ, H. L. A. A tutela jurídica da biodiversidade: a influência da convenção sobre a diversidade biológica no sistema internacional de patentes. *In*: TÁRREGA, M. C. V. (coord.). **Direito ambiental e desenvolvimento sustentável**. São Paulo: RCS Editora, 2007.

Capítulo 5

ETE MODULARES: UNIVERSALIZAÇÃO DO SANEAMENTO AMBIENTAL

Karina Kriguel
Ronald Gervasoni
João Guilherme Baggio de Oliveira

Introdução

As Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) têm a finalidade de tratar o esgoto de forma adequada e assim, produzir um efluente com características que respeitem a qualidade do corpo receptor, a capacidade de autodepuração do rio e os requisitos legais exigidos para o lançamento do efluente (ANDRADE; NETO; CAMPOS, 1999; JORDÃO e PESSÔA, 2011).

Segundo o SNIS, para o ano de 2017, o índice de atendimento com rede de esgoto apresentou 52,4%, sendo que apenas 73,7% dos esgotos coletados foram devidamente tratados. A região Sul do Brasil apresentou o índice 43,9% para o atendimento com rede de esgoto, sendo que 93,3% dos esgotos coletados foram realmente tratados (BRASIL, 2019).

O PLANSAB elaborado em 2013 possui um horizonte de 20 anos e metas a curto, médio e longo prazos: 2018, 2023 e 2033, respectivamente, com a finalidade de universalização do acesso dos brasileiros aos serviços de abastecimento de água potável e de saneamento básico. O PLANSAB deve ser avaliado anualmente e revisado a cada quatro anos, ou seja,

foi revisto em 2019 pela Secretaria Nacional de Saneamento do Ministério do Desenvolvimento Regional. As metas do PLANSAB (2013) para saneamento básico até o ano de 2023 são de abranger 85% dos domicílios servidos com rede coletora de esgoto e expandir para 77% o tratamento de todo o esgoto doméstico coletado. Já, as metas para 2033 são atingir 93% dos domicílios servidos com rede coletora de esgoto e ampliar para 93% o tratamento de todo o esgoto doméstico coletado (BRASIL, 2013).

Considerando a meta de aumento da rede coletora e do tratamento de esgoto prevista no PLANSAB (2013), fazem-se necessárias alternativas e projetos que atendam à necessidade de ampliação do sistema de esgotamento sanitário. Dessa forma, as ETE modulares são alternativas interessantes para suprir essa necessidade, considerando que a elaboração de projeto executivo, fabricação, instalação e pré-operação de uma ETE são executados em um prazo menor, quando comparados a um projeto e obra convencional (GERVASONI et al., 2017).

As ETE modulares são sistemas que possuem menor tempo de implantação com possibilidade de incrementos de módulos, devido ao aumento de vazão conforme a demanda, gerando benefício econômico (GERVASONI et al., 2017). As duas alternativas interessantes de ETE modulares para implantação em cidades que ainda não dispõem de tratamento de esgoto são: reator em batelada sequencial (*Sequencing Batch Reactor* – SBR) e a filtração biológica aeróbia de alta taxa, seguida de flotação por ar dissolvido (TRICKDAF®). Ambas as tecnologias possuem elevada eficiência de remoção de demanda química de oxigênio (DQO) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO), não geram odores e permitem incrementos de módulos para aumentos de vazão (POSSETTI; KRIGUEL; GERVASONI, 2019; ROTÁRIA DO BRASIL, 2019).

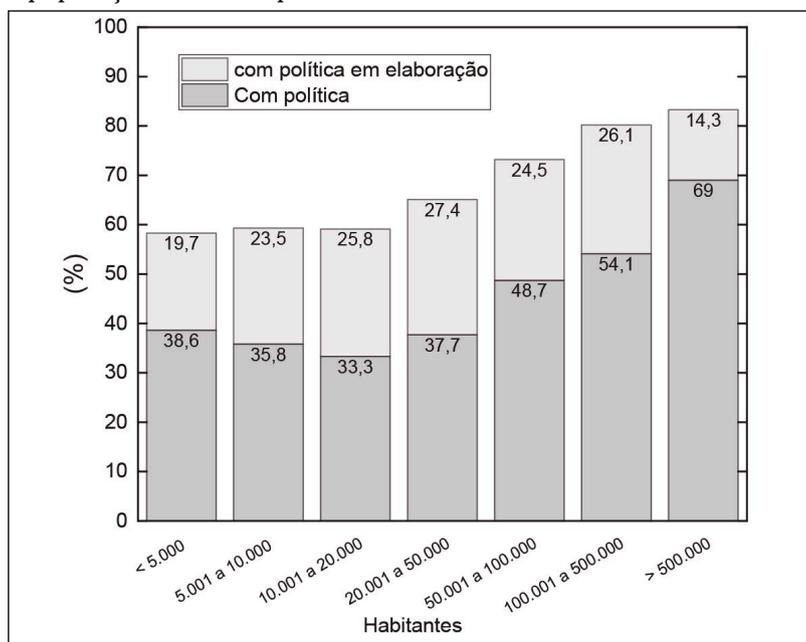
Diante do exposto, o objetivo deste capítulo é apresentar duas tecnologias de ETE modulares visando alternativas para a universalização do saneamento ambiental, bem como avaliar os sistemas, comparando com dados de projetos. Serão apresentadas as características da tecnologia de reator em batelada sequencial (SBR); as

características da tecnologia de filtração biológica aeróbia de alta taxa, seguida de flotação por ar dissolvido (processo TRICKDAF®) e a eficiência das tecnologias comparando-se com os dados de projetos.

Saneamento no Brasil

A importância da oferta de serviços de saneamento para a melhoria das condições de vida da população, bem como dos instrumentos legais de gestão que orientam o desempenho dos interesses governamentais na promoção desses serviços e o acesso universal ao saneamento básico, impõem a necessidade de gerar informações recentes, atualizadas e periódicas que permitam retratar as particularidades do setor no país. A pesquisa realizada pelo IBGE apresenta a gestão da política de saneamento básica formulada por 5.570 municípios do Brasil para esgotamento sanitário (IBGE, 2018).

Gráfico 01: Proporção de municípios por situação do PMSB, segundo a população do município em 2017.

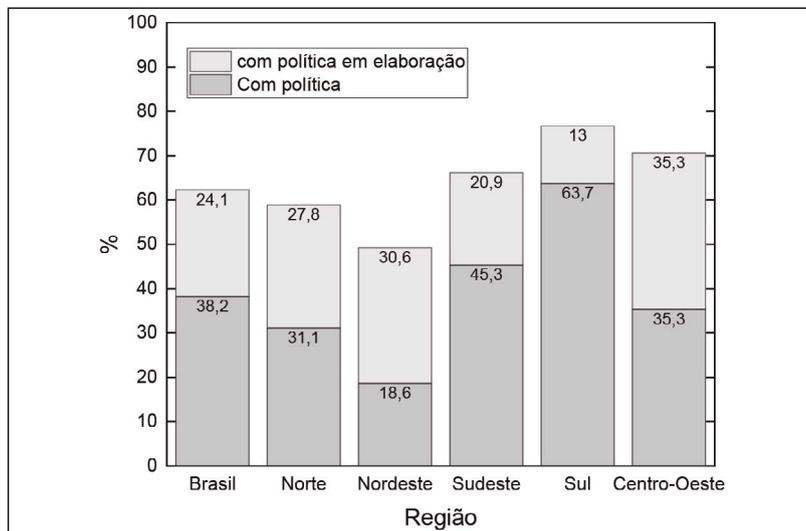


Fonte: Adaptado IBGE (2018)

O Gráfico 01 apresenta a proporção de municípios com Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) em 2017, segundo as classes de tamanho da população dos municípios. Nele, é possível observar que esta política tende a ser mais comum em municípios mais populosos e menos em municípios com até 10.000 habitantes (IBGE, 2018).

Já, 2.126 municípios informaram ter PMSB em 2017, sendo que na Região Sul 63,7% dos municípios informaram tê-la, enquanto apenas 18,6% do município do Nordeste possuem-na, demonstrando uma grande desigualdade regional, conforme o Gráfico 02.

Gráfico 02: Proporção de municípios por situação do PMSB nas grandes regiões em 2017.



Fonte: Adaptado IBGE (2018)

O ranking da ABES (2019) de universalização do saneamento tem por finalidade apresentar o percentual da população

das cidades brasileiras com acesso aos serviços de abastecimento de água, coleta de esgoto e de resíduos sólidos e aferir o quanto de esgoto é devidamente tratado, visando identificar o quão próximo os municípios estão da universalização do saneamento.

O ranking foi composto por 1.868 municípios brasileiros, que representaram 33,54% do total de municípios. Os demais 3.702 municípios, ou seja 66,46%, não entraram no ranking por não apresentarem os dados para compor os indicadores. Muito importante destacar que mais da metade destes municípios não apresentou dados de coleta e/ou tratamento de esgoto. Já, considerando a população atendida, 142.306.355 habitantes possuem coleta e/ou tratamento de esgoto, o que representa 68,53% da população. No sul do Brasil, esse índice chega a 63,92% da população. Segundo o ranking da universalização do saneamento, a maior parte das capitais brasileiras está na categoria de “Empenho para a universalização”, enquanto a cidade de Curitiba-PR é a mais bem colocada e é a única capital que está na categoria de “Rumo a universalização”. Os municípios de Cascavel, Cambé, Londrina, Maringá, todos no estado do Paraná, também se encontram nessa situação (ABES, 2019).

No entanto, nem todos os municípios possuem coleta e tratamento de esgoto. Segundo o IBGE (2018), o estado do Paraná possui em sua totalidade 399 municípios, sendo que destes, 214 são atendidos com coleta e tratamento de esgoto, o que representa 73,48% de índice de coleta de esgoto. Porém, uma parcela muito grande de municípios ainda necessita de alternativas para a demanda ambiental. Ainda, deve ser considerado que parte da população possui sistema de tratamento individualizado de esgoto, como as fossas sépticas (BRASIL, 2019).

Dessa forma, as ETE modulares são alternativas interessantes para suprir a necessidade de tratamento para populações menores, considerando que a elaboração de projeto executivo, fabricação, instalação e pré-operação de uma ETE são executados em um prazo menor, quando comparados a um projeto e obra convencionais (GERVASONI et al., 2017).

A seleção do tipo de tratamento de esgoto que será aplicado em efluentes domésticos é uma questão complexa, e a falta de coleta não constitui o único problema. Existe uma grande parte da população que é atendida por sistemas individualizados ou descentralizados, tais como tanques e fossas sépticas. As fossas sépticas são unidades de tratamento primário de esgoto nas quais são feitas a separação e a transformação físico-química da matéria sólida contida no esgoto. No entanto, o tratamento não é completo como numa estação de tratamento de esgotos e muitas vezes, são ineficientes em fornecer um efluente final com a qualidade adequada para o lançamento no corpo receptor (CHERNICHARO, 2007).

A adoção de tecnologia inadequada e a falta de análise das condições locais da comunidade-alvo resultam no fracasso em projetos para implantação de novas ETE. Às vezes, gasta-se muito na construção da ETE e extremamente pouco na coleta dos dados locais para a elaboração de projetos precisos. A replicação de projetos de sucesso é benéfica, mas deve ser ajustada às condições locais. Uma estratégia abrangente e de longo prazo, que requer planejamento e fases de execução extensos, é vital para a gestão sustentável de esgotos domésticos (MASSOUD; TARHINI; NASR, 2009).

Atualmente, a Sanepar possui 74,22% de índice de cobertura de rede coletora de esgoto, ou seja, ainda é necessário estender redes para locais mais distantes e para pequenos municípios que ainda não dispõem de tratamento de efluentes. Para melhorar os processos de tratamento de esgoto existentes, a Sanepar investiu em ETE modulares, em pós tratamento modulares e em adequações nas ETE em operação, resultando em melhorias significativas nos resultados das estações (SANEPAR, 2019). Sendo assim, as ETE modulares podem ser alternativas interessantes e viáveis para atingir a universalização do saneamento no estado do Paraná.

As ETE modulares são sistemas que possuem menor tempo de implantação com a possibilidade de incrementos de módulos, devido ao aumento de vazão conforme a demanda, gerando benefícios econômicos. Essas ETE são alternativas interessantes para

suprir a necessidade de tratamento para populações menores, considerando que a elaboração de projeto executivo, fabricação, instalação e pré-operação de uma ETE são executadas em curto prazo (GERVASONI et al., 2017). As duas alternativas interessantes de ETE modulares para implantação em cidades que ainda não dispõem de tratamento de esgoto são: reator em batelada sequencial SBR e a filtração biológica aeróbia de alta taxa, seguida de flotação por ar dissolvido (TRICKDAF®).

Materiais e métodos

Para descrever as características do tratamento de efluentes pelo sistema SBR, foi considerada a ETE Porteira, instalada no município de Pinhão-PR, com capacidade de tratar, em média, 10 L/s^{-1} por meio de dois tanques de 5 L/s^{-1} . O efluente tratado é lançado no corpo receptor Arroio da Porteira, na bacia hidrográfica Iguaçu. As concentrações máximas de esgoto a ser tratado estão indicadas na Tabela 01.

Tabela 01: Dados de projetos sistema SBR.

Parâmetros	Afluente (mg/L)	Efluente final (mg/L)	Eficiência (%)
DQO	1.000	70	93
DBO	400	20	95
NH3	70	10	86

Fonte: Sanepar (2017a)

Para descrever as características do tratamento de efluentes pelo sistema filtração biológica aeróbia de alta taxa, seguida de flotação por ar dissolvido, TRICKDAF®, foi considerada a ETE Rio Toledo, instalada no município de Toledo-PR, com capacidade de tratar em média 100 L/s^{-1} por meio de dois módulos de 50 L/s^{-1} cada, e o efluente tratado é lançado no corpo receptor Rio Toledo. As concentrações máximas de esgoto a ser tratado são apresentadas na Tabela 02.

Os parâmetros avaliados para a caracterização do afluente e efluente final foram DQO, DBO, Nitrogênio amoniacal (NH3)

e fósforo total (PT), durante o período de 2018 e 2019. Todos os dados foram utilizados para cálculo de eficiência de remoção.

Tabela 02: Dados de projetos sistema TRICKDAF®.

Parâmetros	Afluente (mg/L)	Efluente final (mg/L)	Eficiência (%)
DQO	1.200	150	88
DBO	600	60	90
PT	15	5	67

Fonte: Sanepar (2017b)

Os procedimentos analíticos foram realizados conforme o descrito na 23rd *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* e na norma alemã *Deutsche Institut für Normung* (DIN):

DQO: método 5220-D - Refluxo fechado, Colorimétrico; DBO: método 5210 - D - Respirométrico.

NH₃: método 10031 Hach - salicilato, Colorimétrico; PT: método 4500-P E - Ácido ascórbico, Colorimétrico.

As análises seguiram os procedimentos analíticos constantes no sistema normativo da Sanepar e foram realizadas em seu laboratório. Os dados obtidos experimentalmente foram tratados no programa OriginPro®, versão 9.0, a partir do qual foram gerados os gráficos. Esses dados foram utilizados para cálculo da eficiência do processo de tratamento do SBR e do tratamento TRICKDAF®.

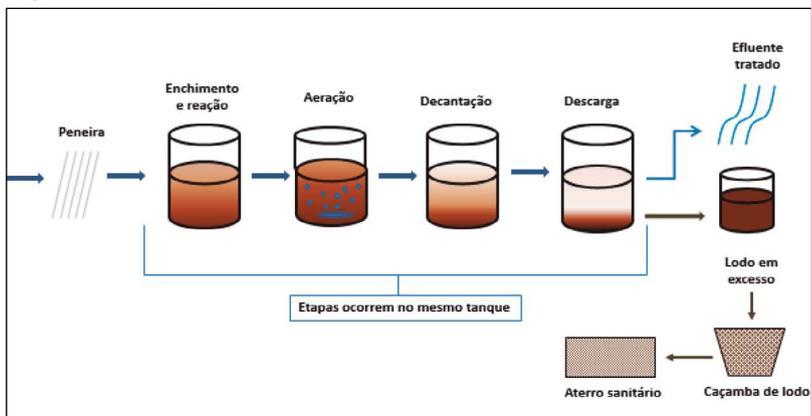
Resultados e discussão

As duas alternativas de ETE modulares para implantação em cidades que ainda não dispõem de tratamento de esgoto são: reator em batelada sequencial SBR e a filtração biológica aeróbia de alta taxa, seguida de flotação por ar dissolvido (TRICKDAF®). A seguir serão descritas as características de cada uma delas.

O reator em batelada sequencial SBR, instalado na ETE Porteira, realiza o tratamento biológico (função do reator) e a separação da biomassa do esgoto tratado (função do decantador secundário) no mesmo tanque e exige a operação em ciclos programados para oito horas, ou seja, cada reator realiza três ciclos por dia. Sendo assim, os tanques são programados para funcionar em paralelo, de forma a garantir que um reator esteja sempre na fase que possibilite receber esgoto. O efluente final é descartado, a cada quatro horas de operação, no corpo receptor da ETE (POSSETTI; KRIGUEL; GERVASONI, 2019; ROTÁRIA DO BRASIL, 2019).

Na Figura 01, é apresentado o fluxograma do processo de tratamento no reator SBR na ETE Porteira, onde se verificam: a peneira para retirada de sólidos grosseiros; a fase de enchimento com o esgoto pré-tratado e a mistura para manter os processos anóxicos; a fase de aeração para a oxidação de DBO e nitrificação; a fase de decantação para a separação do efluente tratado da biomassa formada; a fase de descarga de efluente tratado no corpo receptor Arroio da Porteira na bacia hidrográfica Iguaçu, e a retirada de lodo em excesso que é encaminhado para a caçamba e, posteriormente, enviado ao aterro sanitário.

Figura 01: Fluxograma do sistema SBR.



Fonte: Os autores (2020)

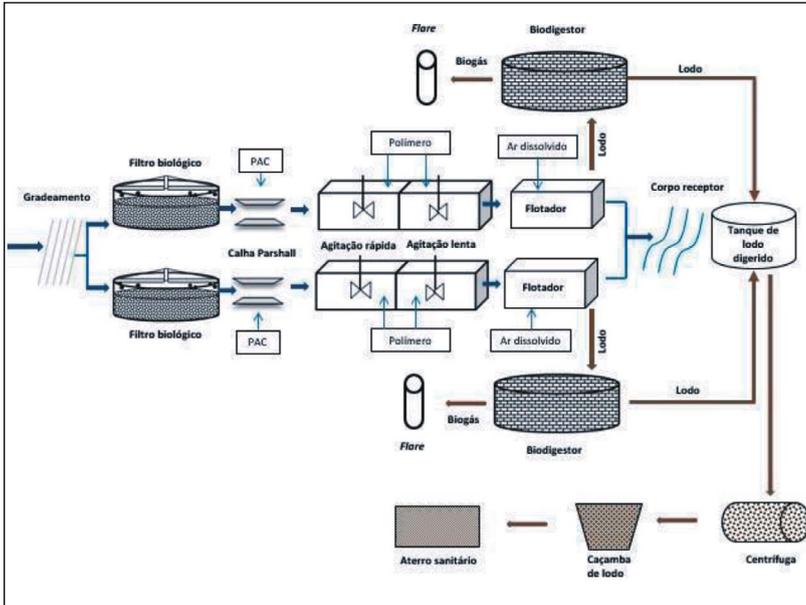
O sistema de tratamento é composto por dois reatores SBR; e a sequência de três ciclos diários para cada um, com as etapas de diferentes ações durante cada ciclo, funciona para os dois reatores SBR de forma automatizada.

O Sistema SBR apresenta as seguintes vantagens: sistema compacto com forma simplificada de construção, flexibilidade de operação em relação à variação de cargas, automação operacional e elevada eficiência de remoção de carga orgânica e nitrogênio. No entanto, para vazões acima de 50 L/s o sistema não é indicado, pois necessita de uma área maior, mas poderia ser economicamente interessante combinar com a tecnologia de UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) como tratamento primário (ROTÁRIA DO BRASIL, 2019).

O sistema de filtração biológica aeróbia de alta taxa, seguida de flotação por ar dissolvido, denominado processo TRICKDAF®, instalada na ETE Rio Toledo, consiste em um tratamento que contém gradeamento para retirada de material grosseiro, filtros biológicos, cuja finalidade é a transformação da DBO solúvel em sólidos em suspensão. A calha Parshall é o local onde se aplica o policloreto de alumínio (pac) para a aglutinação das partículas e, em seguida, o efluente passa pela agitação rápida e, posteriormente, pela agitação lenta. Nessa etapa, dosa-se o polímero, o qual tem por finalidade formar partículas de tamanho maior para ser flotado na etapa da flotação por ar dissolvido. Após a etapa da flotação, o efluente tratado é lançado no corpo receptor rio Toledo. A Figura 02 indica o fluxograma do processo.

O lodo proveniente do flotador é encaminhado para o digestor anaeróbio, cuja finalidade é a estabilização do lodo e geração de biogás e, em seguida, passa para o tanque de armazenamento para, posteriormente, ser encaminhado para a centrífuga. Nessa etapa, o lodo é desidratado e armazenado em caçambas para ser destinado ao aterro sanitário. Já, o biogás produzido nos biodigestores é queimado nos queimadores, com a finalidade de redução dos gases de efeito estufa.

Figura 02: Fluxograma do sistema TRICKDAF®.



Fonte: Os autores (2020)

O sistema TRICKDAF® apresenta algumas vantagens como: espaço reduzido, não gera odores, sistema modular com a opção de incrementos de módulos, possibilidade de implementação de módulo para remoção de nitrogênio e tempo de detenção hidráulica de aproximadamente uma hora, ou seja, pode-se tratar uma maior quantidade de esgoto em menor tempo (FAST, 2020). No entanto, é necessário que a operação do sistema seja assistida, devido ao rápido tempo de tratamento do esgoto.

A Tabela 03 apresenta a eficiência de projeto e as médias dos resultados da tecnologia SBR na ETE Porteira e a tecnologia TRICKDAF® na ETE Rio Toledo, para a remoção de DQO, DBO, fósforo total (PT) e nitrogênio amoniacal (NH_3).

Foi possível observar que os sistemas, SBR e TRICKDAF®, apresentaram valores de eficiências conforme o projetado ou acima do esperado. A remoção de DQO para sistema TRICKDAF® observada nas medições foi de 88%, sendo esse o valor projetado

para o sistema. Para a remoção de DBO, o valor medido foi de 93%, apresentando resultados acima da eficiência projetada de 90%. Para a remoção de fósforo, foi possível verificar a eficiência de 88%, valor esse superior ao projetado, que é de 67%.

Tabela 03: Médias de remoção de DQO, DBO, PT E NH3.

REMOÇÃO (%)								
Tecnologia	DQO		DBO		PT		NH3	
	Projetado	Medido	Projetado	Medido	Projetado	Medido	Projetado	Medido
SBR	93	96	95	99	-	95	86	95
TRICKDAF	88	88	90	93	67	88	-	-

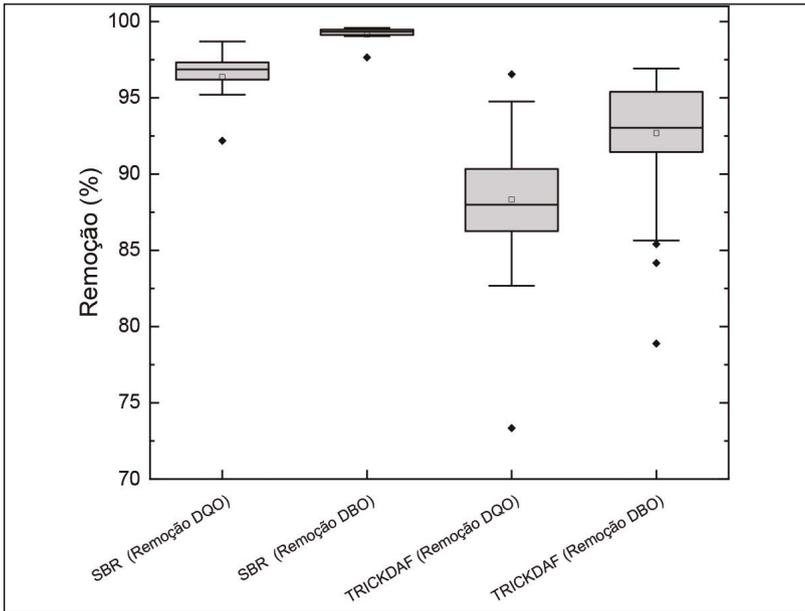
Fonte: Os autores (2020)

O sistema SBR apresentou remoções superiores às de projeto em todos os parâmetros analisados. Para a remoção de DQO, os resultados foram de 93% e 96% para o valor projetado e para o medido, respectivamente. Para a remoção de DBO, o valor medido foi de 99%, apresentando resultados acima da eficiência projetada de 95%. Entretanto, a eficiência de remoção de nitrogênio amoniacal projetada foi de 86%, enquanto o valor obtido foi de 95%. A remoção de fósforo total foi de 95%; no entanto, esse parâmetro não constava nos dados de projetos.

O Gráfico 03 apresenta a comparação das eficiências de remoção de DQO e DBO para o sistema SBR e TRICKDAF®, da ETE Porteira e ETE Rio Toledo, respectivamente. Foi possível observar as variações do sistema e verificar que o sistema SBR possui mais estabilidade, principalmente para o parâmetro de remoção de DBO. A Tecnologia TRICKDAF® apresenta mais variações; no entanto, é importante ressaltar que o tempo de tratamento é muito curto, em torno de uma hora, o que torna necessário acompanhamento para a dosagem correta de produtos químicos, para que não seja aplicado pouco ou haja excesso de coagulante e floculante. Outro fator que deve ser considerado é a vazão do

sistema, enquanto o sistema SBR possui vazão de projeto de 10 L/s⁻¹, o sistema TRICKDAF® possui vazão projetada de 100 L/s⁻¹.

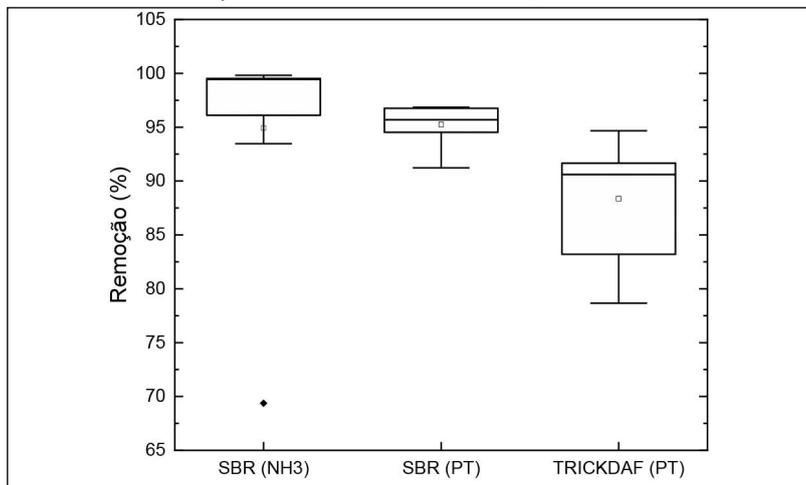
Gráfico 03: Remoção de DQO e DBO.



Fonte: Os autores (2020)

O Gráfico 04 apresenta a remoção de fósforo total e nitrogênio amoniacal, sendo que no sistema TRICKDAF® não foi monitorado o nitrogênio amoniacal. Para a remoção de fósforo total, a tecnologia TRICKDAF® apresentou elevada remoção, sendo aproximadamente 30% acima do valor de projeto e apenas um resultado abaixo de 80%: e esse resultado foi superior aos 67%, que é o dado de concepção de projeto.

A tecnologia do SBR dispõe de elevada remoção de fósforo total e nitrogênio amoniacal, apresentando apenas um resultado de remoção de nitrogênio amoniacal abaixo de 70% e os demais resultados acima de 93%. Para fósforo total, foi observado que todos os resultados permaneceram acima de 90%; no entanto, esse parâmetro não constava nos dados de projetos.

Gráfico 04: Remoção de fósforo total e nitrogênio amoniacal.

Fonte: Os autores (2020)

Diante disso, o sistema SBR seria indicado para vazões menores, áreas maiores e limites de lançamentos mais restritivos, enquanto o sistema TRICKDAF® seria a tecnologia mais adequada para vazões maiores, áreas mais reduzidas e limites de lançamentos menos restritivos. Assim sendo, os dois sistemas são tecnologias viáveis e interessantes para serem utilizadas em regiões que ainda não dispõem de tratamento de esgoto.

Considerações finais

O sistema SBR possui forma simplificada de construção, opera com flexibilidade relativamente às cargas variadas, automação operacional e elevada eficiência de remoção de carga orgânica e nitrogênio, sendo indicado para atender a limites de lançamentos mais restritivos.

O processo de tratamento TRICKDAF® possui espaço reduzido, não gera odores, tem a opção de incrementos de módulos, possibilidade de implementação de módulo para remoção de nitrogênio e baixo tempo de detenção hidráulica, aproximadamente uma hora. A tecnologia é indicada para tratamento de esgoto com vazões maiores, pois pode-se tratar uma maior quantidade

de esgoto em um curto espaço de tempo, e em localidades que possuem áreas reduzidas.

Por meio da caracterização do afluente e efluente final, foi possível observar que ambos os sistemas, SBR e TRICKDAF®, apresentaram valores de eficiências conforme o projetado ou acima do esperado. A remoção de DQO para o sistema SBR foi de 96%, remoção de DBO de 99% e remoção de nitrogênio amoniacal de 95%, enquanto os dados de projeto para esse sistema apresentaram valores de 93%, 95% e 95% para remoção de DQO, remoção de DBO e remoção de nitrogênio amoniacal, respectivamente. A remoção de fósforo total foi de 95%; no entanto, esse parâmetro não constava nos dados de projetos.

Já para o sistema TRICKDAF®, a remoção de DQO foi de 88%, remoção de DBO de 93% e remoção de fósforo de 88%. Os dados de projeto para esse sistema apresentaram valores de 88%, 90% e 67% para remoção de DQO, remoção de DBO e remoção de fósforo total, respectivamente.

Diante disso, as tecnologias do SBR e TRICKDAF® demonstraram ser alternativas interessantes e viáveis para atendimento de populações que não possuem acesso a serviço de tratamento de esgoto visando à universalização do saneamento ambiental no estado do Paraná.

Referências

- ABES. **Ranking ABES da universalização do saneamento**. 2019.
- ANDRADE NETO, C. O.; CAMPOS, J. R. Introdução. In: CAMPOS, J. R. (coord.) **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. Rio de Janeiro: Prosab, 1999.
- BRASIL. Ministério das Cidades. **Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB** - Brasília, 2013.
- BRASIL. Ministério das Cidades. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2018**. Brasília, 2019.

CHERNICHARO, C. A. L. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: reatores anaeróbios**. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG. 2007.

FAST. **Saneamento sistema Fast Seinco. Processo Trickdaf-C**. Disponível em: <<https://fastindustria.com.br/segmentos/saneamento>>. Acesso em: 20 de abr. 2020.

GERVASONI, R. et al. **Avaliação do desempenho operacional do processo de tratamento de efluentes Trickdaf® instalado na ETE Canasvieiras**. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Perfil dos municípios brasileiros: Saneamento básico: Aspectos gerais da gestão da política de saneamento básico: 2017/IBGE**. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 5. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2011.

MASSOUD, M. A.; TARHINI, A.; NASR, J. A. **Decentralized approaches to wastewater treatment and management: applicability in developing countries**. *Journal of Environmental Management*, v. 90, n. 1. 2009.

POSSETTI, G. R. C.; KRIGUEL, K.; GERVASONI, R. **Avaliação operacional do processo de tratamento de efluentes da ETE Porteira (ETE Modular de Pinhão)**. 2019.

ROTÁRIA DO BRASIL. **Reator em batelada sequencial**. 2019. Disponível em <<http://brasil.rotaria.net/reator-sbr/>>. Acesso em: 22 de nov. 2019.

SANEPAR. Companhia de Saneamento do Paraná. **Especificação básica: EB/USES/007 - Estação modular para tratamento de esgoto doméstico por processo de lodos ativados aeração prolongada – cap 864m³/dia – Pinhão**. 2017 a.

SANEPAR. Companhia de Saneamento do Paraná. **Especificação básica: EB/USES/011 Estação modular para tratamento de esgoto doméstico – cap 8640m³/dia – Toledo – ETE Rio Toledo**. 2017 b.

SANEPAR. Companhia de Saneamento do Paraná. **Relatório da administração e demonstrações contábeis 2019**. Saúde e sustentabilidade para a sociedade. 2019.

Capítulo 6

CRITÉRIOS E MATRIZ DE PRIORIZAÇÃO: PLANEJAMENTO PLURIANUAL

João Paulo Alvarenga
Nilson César Bertóli

Introdução

Infelizmente, o retrato do saneamento básico no cenário nacional é muito abaixo das condições necessárias para uma boa qualidade de vida das populações, não sendo a única mazela que atinge grande parcela da sociedade brasileira, pois a baixa qualidade do ensino, saúde e renda constitui também essa realidade nacional.

O saneamento básico deve ser um dos importantes vetores nos programas de governo, pois, além de existir uma relação direta com a saúde, favorecendo a diminuição de doenças por veiculação hídrica, ainda diminui os afastamentos no trabalho, valoriza imóveis que possuem atendimento com distribuição de água potável e coleta e tratamento do esgoto adequados e ajuda na proteção ambiental. Portanto, falar em saneamento é tratar de assuntos aderentes aos conceitos da sustentabilidade, pois diz respeito aos segmentos social, econômico e ambiental.

No Brasil, de acordo com os dados de 2018 da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) do IBGE, apenas 66% das casas têm acesso à rede de esgoto e aproximadamente 85,8% tem água encanada (PORTAL DO SANEAMENTO BÁSICO, 2019).

Segundo o Instituto Trata Brasil (ITB), lugares com rede de esgoto e água tratada possuem melhor desempenho em indicadores socioeconômicos multidimensionais, atrelados não só à saúde pública, mas à evasão e desempenho escolar e à capacidade de geração de renda e trabalho (TRATA BRASIL, 2019).

No estado do Paraná, as demandas por obras de saneamento crescem exponencialmente e inversamente ao aumento da demanda, existindo um índice muito abaixo do esperado em atendimento àquelas. Observa-se ainda que os investimentos, embora cada vez maiores, não atendem tais demandas, tornando perceptível o descompasso entre as necessidades, os recursos e, por fim, o atendimento à sociedade.

A fim de contribuir na obtenção da real necessidade de investimentos da Sanepar, prezando pela manutenção e ampliação dos sistemas, pelo atendimento ao compliance ambiental e cumprimento de metas contratuais, este estudo teve como objetivo contribuir com a apresentação de uma metodologia para a priorização dos empreendimentos do Plano Plurianual de Investimentos (PPI). Deste modo, buscou-se apresentar e propor critérios para a sua construção, de modo a contribuir, dentro do seu limite executivo, para a escolha do melhor portfólio de projetos à sua composição.

É fato, no contexto atual do saneamento, que o portfólio gerado pelas demandas está muito além da capacidade de realização das empresas de saneamento, haja vista os números apresentados pelo IBGE. As maiores causas para essa dificuldade de capacidade executiva estão atreladas à restrição de recursos financeiros, disponibilidade abaixo do necessário de mão de obra para a condução dos projetos, tanto internamente na elaboração dos elementos mínimos para a execução dos projetos, quanto externamente, com empresas capacitadas para atender às demandas do setor.

Outro fator que limita a evolução dos índices do saneamento, refere-se à capacidade da sociedade em absorver, por meio da tarifa, o custo dos investimentos, pois quanto maiores

são os investimentos, mais as empresas necessitam de “caixa” para executá-los; logo, a receita por meio da tarifa precisa ser maior para honrar os custos dos investimentos.

Dessa forma, torna-se de vital importância o desenvolvimento de uma metodologia eficiente de priorização de projetos, visando subsidiar a Sanepar na escolha dos projetos mais adequados, de modo a trazer para a sociedade o investimento mais eficiente possível, prezando pela sua economicidade financeira, social e ambiental.

Saber quais são os projetos certos, por um lado, é importantíssimo para aumentar o atendimento ao setor de saneamento. Por outro lado, investir em projetos errados pode levar a Sanepar a perder receitas, assim como, a perder a concessão de contratos com os municípios, ao risco de não atendimento à legislação ambiental e inviabilização da sua própria existência, com a manutenção de uma tarifa inviável aos consumidores.

Portanto surgiram os questionamentos: Como vencer esse desafio? Como priorizar os melhores investimentos de forma objetiva? Assim, por meio da elaboração deste estudo de caso pretendeu-se apresentar um modelo de priorização de investimentos para composição do PPI da Sanepar.

Neste capítulo, será apresentada uma proposta de metodologia para a construção da matriz de priorização de investimentos, com a finalidade de viabilizar por métodos objetivos a elaboração do PPI da Sanepar. Esta metodologia utilizará a análise por multicritérios para a criação da matriz de priorização dos investimentos, sendo pautada no conceito da sustentabilidade, derivando do seu tripé, a sustentabilidade econômica, social e ambiental.

Os critérios selecionados para a matriz de investimentos deverão estar aderentes com as premissas das diretrizes da Política de Investimentos da Sanepar, e o resultado da aplicação desses mecanismos visam buscar o melhor portfólio nesse aspecto, para a companhia e atendimento à sociedade.

Marco regulatório: metologias para priorizar investimentos

O marco regulatório do saneamento foi definido pela Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007 e estabeleceu suas diretrizes, definindo os serviços de saneamento por meio de quatro vertentes: água, esgotamento sanitário, drenagem urbana e resíduos sólidos (RS). Cita-se que o marco legal estabelece nos seus artigos as diretrizes que precisam ser cumpridas na prestação do serviço de saneamento (BRASIL, 2007).

De acordo com o art. 2º da Lei nº 11.455/2007, referente aos Princípios Fundamentais, a lei preconiza a universalização do acesso em suas quatro vertentes de forma adequada à saúde pública e proteção ao meio ambiente e com sustentabilidade econômica. O capítulo VI dessa mesma Lei, apresenta os aspectos econômicos e sociais dos serviços de saneamento e destaca, de acordo com o art. 29, que “os serviços públicos de saneamento básico terão a sustentabilidade econômico-financeira assegurada, sempre que possível, mediante remuneração pela cobrança dos serviços” (BRASIL, 2007, p. 9).

O marco regulatório preconiza a universalização do acesso, o atendimento às populações mais carentes, prezando pela qualidade de vida, mas em contraponto, na questão econômica indica que os serviços precisam ter a sua sustentabilidade financeira assegurada por meio da remuneração tarifária.

Segundo Macedo (2018, p. 22), a aplicação da Lei nº 11.455/207, na questão da remuneração tarifária, afirma que é clara a função social do saneamento e deve assegurar a prestação de serviços de forma sustentável e por meio de uma tarifa módica, ou seja, adequada à capacidade de pagamento do cliente. Ou seja, o marco regulatório, assim como outras leis, tem um discurso de garantir a qualidade de vida para a população, mas não subsidia os municípios e prestadores de serviço para atenderem à população, dispondo apenas que os serviços serão remunerados por meio de cobrança tarifária.

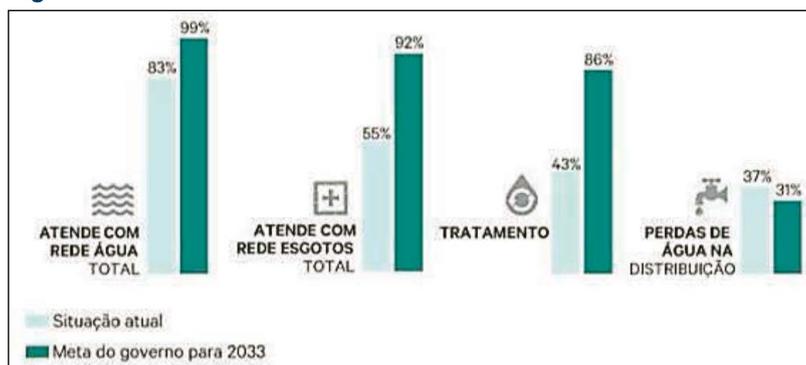
A união no uso de suas atribuições, transfere a responsabilidade para os municípios e prestadores de serviços para que “resolvam” a questão do saneamento, mas não subsidia, não

dá soluções práticas, aporta poucos recursos e não apresenta soluções reais e factíveis, para que o país mude seu cenário do saneamento.

A universalidade é um princípio que almeja que todos tenham garantia e atendimento dos serviços de saneamento básico, independente do local onde moram e de sua classe social. “No Brasil, está marcado por uma grande desigualdade e por um grande déficit ao acesso” (LEONETI, 2011, p. 332).

A base de dados do SNIS oferece a possibilidade de verificar, ainda que com pertinentes limitações, os índices de saneamento no país. A Figura 01, abaixo, compara as metas propostas para o ano de 2033 e a situação atual do saneamento no país.

Figura 01: Índices de atendimento.



Fonte: Ministério das cidades (2013) e SNIS (2015)

Segundo Aguinaldo Ribeiro, ex-ministro das Cidades, o planejamento nesta área é condição indispensável para o Brasil avançar nos níveis de cobertura e na qualidade dos serviços prestados à população brasileira (PNSB, 2013). Contudo, as políticas públicas não se mostram eficazes e, conforme a Tabela 01, é possível perceber a evolução dos investimentos realizados no setor de saneamento básico. Assim, verifica-se que o investimento total realizado em um período de catorze anos (1995 à 2008) foi de R\$ 74,03 bilhões, obtendo-se uma média anual de investimentos de R\$ 5,3 bilhões.

Já, na Tabela 02, referente às necessidades de investimentos, temos para o período de vinte anos (2011 à 2030), a estimativa de R\$ 262,70 bilhões, com uma média de R\$ 13,13, ou seja, um percentual de 248% maior do que o investimento realizado. Fica claro que os investimentos que estão sendo realizados estão muito abaixo da média necessária para alcançar, até 2030, o índice de universalização do saneamento no Brasil.

Tabela 01: Investimentos realizados em serviços públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário segundo unidades da federação de macroregiões, 1995 a 2008 (em mil Reais).

UF	Macro-região	Serviço		Origem			Total
		Água	Esgoto	Próprio	Oneroso	Não Oneroso	
AC	NORTE	116.447	31.953	8.639	-	139.751	148.400
AM		590.700	59.9830	218.665	165.472	255.456	650.593
AP		143.789	8.822	11.117	-	141.495	125.611
PA		635.042	195.352	64.035	57.770	709.598	831.404
RO		82.660	6.667	50.713	1.730	36.884	89.327
RR		78.331	27.289	63.925	-	42.234	105.150
TO		557.244	119.959	257.347	57.190	362.675	677.212
TOTAL N		2.204.214	451.495	674.443	282.163	1.699.103	2.655.708
AL	NORDESTE	143.908	165.074	165.074	-	64.770	229.844
BA		2.211.523	612.145	612.145	2.336.800	1.573.838	4.522.782
CE		940.982	418.025	418.025	578.140	870.996	1.867.161
MA		597.003	134.414	134.414	33.219	501.612	659.244
PB		570.558	340.300	340.300	185.800	371.918	898.018
PE		1.546.437	446.852	446.852	343.428	1.000.099	1.790.379
PI		217.658	105.803	105.803	204.461	45.016	356.280
RN		449.178	260.893	260.893	8.750	444.125	713.768
SE		1.056.732	138.638	138.638	49.498	1.054.454	1.242.590
TOTAL NE		7.773.989	2.623.14	2.623.143	3.740.095	5.926.828	12.290.067

(Tabela 01 – cont.)

(Tabela 01 – cont.)

UF	Macro-região	Serviço		Origem			Total
		Água	Esgoto	Próprio	Oneroso	Não Oneroso	
ES	SUDESTE	615.441	712.308	712.308	529.45	2.776	1.244.520
MG		3.631.328	4.109.942	4.109.942	3.315.082	275.708	7.700.731
RJ		2.380.892	1.278.562	1.278.562	3.400.444	890.764	5.569.771
SP		11.534.622	18.716.518	18.716.518	6.958.620	221.695	25.905.834
TOTAL SE		18.162.283	24.817.330	24.817.330	14.213.582	1.390.943	40.421.856
PR	SUL	3.089.320	2.940.780	2.940.780	2.877.318	630.937	6.449.034
RS		2.325.331	2.124.672	2.124.672	1.258.343	134.725	3.17.42
SC		1.091.877	1.287.904	1.287.904	851.015	182.570	2.331.489
TOTAL S		6.507.528	6.353.355	6.353.355	4.996.676	948.233	12.298.265
DF	CENTRO-OESTE	1.255.562	1.282.864	1.282.864	804.395	130.477	2.217.735
GO		1.400.250	1.589.240	1.589.240	698.375	526.103	2.813.717
MS		468.225	206.572	206.572	632.501	72.537	911.611
MT		295.007	212.501	212.501	51.608	164.779	428.887
TOTAL CO		3.419.045	3.291.177	3.291.177	2.185.879	893.895	6.371.952
TOTAL GERAL		38.027.058	27.759.449	37.759.449	25.419.396	10.859.003	74.37.848

Fonte: SNIS (2009)

De acordo com dados do Ministério das Cidades, são apresentados a seguir os valores de investimentos estimados entre o ano-base de 2011 a 2030 nos sistemas do abastecimento de água e coleta e tratamento de esgoto.

No caso do estado do Paraná, onde o atendimento com distribuição de água alcançou o índice de 100%, ressalta-se a preocupação com a universalização do esgoto, com coleta, direcionamento para as estações de tratamento e disposição final dos efluentes.

Tabela 02: Brasil – investimentos necessários à expansão e à reposição do abastecimento água e esgotamento sanitário em áreas urbanas e rurais (em bilhões de Reais).

Situação/ Ação Expansão		2011-2015			2011-2020			2011-2030		
		Expan- são	Reposi- ção	Total	Expan- são	Reposi- ção	Total	Expan- são	Reposi- ção	Total
Áreas Urbanas e Rurais	Água e Esgoto	59,19	17,62	76,80	111,83	35,23	147,06	192,96	69,74	262,70
	Água	18,00	11,22	29,23	37,78	22,44	60,23	60,29	44,86	105,15
	Esgoto	41,18	6,40	47,58	74,05	12,79	86,84	132,67	24,87	157,55
Áreas Urbanas	Água e Esgoto	56,78	16,97	73,74	106,56	33,93	140,50	185,82	67,23	253,05
	Água	16,82	10,76	27,58	35,44	21,52	56,95	57,01	13,03	100,04
	Esgoto	39,96	6,21	46,16	71,13	12,42	83,55	128,81	24,19	153,01
Áreas Rurais	Água e Esgoto	2,41	0,65	3,06	5,27	1,30	6,57	7,14	2,51	9,65
	Água	1,18	0,46	1,65	2,35	0,93	3,27	3,28	1,83	5,11
	Esgoto	1,23	0,19	1,41	2,92	0,37	3,29	3,86	0,68	4,54

Fonte: Ministério das Cidades (2011)

A divergência de interesses entre prezar pelo viés econômico e a questão social e ambiental fez surgir o olhar do saneamento pela sustentabilidade. “O conceito de desenvolvimento sustentável surge como uma ideia de força integradora para qualificar a necessidade de pensar uma forma de desenvolvimento” (JACOBI, 1999, p. 31).

Para a própria manutenção de sua matéria prima, a água, os investimentos devem atender a requisitos ambientais, sociais e econômicos, trabalhando o conceito de desenvolvimento sustentável, de preservação e conservação do meio ambiente e considerando os recursos hídricos, o que reflete diretamente no gerenciamento do portfólio das ações de saneamento

O gerenciamento de portfólio assumiu relevância na escolha de projetos, pelo aumento dessa atividade nas empresas, e

principalmente, pela existência múltipla de projetos simultâneos e concorrentes, “O processo de decisão em ambiente complexo dificulta a tomada de decisão, pois pode envolver dados imprecisos ou incompletos, múltiplos critérios e inúmeros agentes de decisão.” (MARINS, 2009, p. 1779).

Um gerenciamento de portfólio deve dar elementos para que a dimensão estratégica possa decidir quais empreendimentos melhor traduzem as estratégias empresariais, além de mapear as demandas mais relevantes e selecionar os projetos mais aderentes à estratégia Sanepar.

Os processos que contemplam o portfólio de projetos consistem em ferramentas com diversas proposições, visando dar objetividade ao gerenciamento. Destaca-se a priorização, de modo a considerar múltiplos critérios de avaliação e a subsidiar a tomada de decisão de forma objetiva. *Analytic Hierarchy Process* (AHP) é uma das metodologias que se apresenta ao procedimento de priorização de projetos, sobre a qual Loureiro (2018, p. 297) escreve:

[...] é um método de análise multicriterial baseado em um processo de ponderação aditiva, no qual os desempenhos das alternativas, em relação a cada critério, são representados através de sua importância relativa (expressos percentualmente).

Essa metodologia se baseia na priorização em comparações de pares de projetos similares e consideram-se critérios ou características comuns; a técnica propicia a avaliação da importância de um projeto sobre o outro, considerando-se a avaliação, por um julgador, da intensidade de importância de cada critério.

Diante do contexto analisado, das necessidades apontadas, do enorme volume de investimentos, comparados com a baixa capacidade histórica de execução, a priorização dos projetos, como ferramentas que permitam criar uma metodologia objetiva na criação do portfólio, é fundamental para otimizar da forma mais eficiente os investimentos, prezando pela sustentabilidade, eficiência e economicidade tarifária.

Materiais e métodos

Neste estudo, os procedimentos metodológicos foram baseados no método de estudo de caso. Tal escolha ocorre quando há eventos recentes, em situações de que já se possuem dados e que não podem ser alterados, mas nos quais é possível fazer observações diretas. Ou seja, já temos um problema prático para ser resolvido e podemos utilizar os seus dados para verificar se a metodologia proposta atende às suas necessidades.

A preferência pelo uso do estudo de caso ocorreu devido à real necessidade da companhia em estabelecer critérios objetivos na concepção de seu PPI; a intenção é que esse estudo sirva como base para implantação desta metodologia, a partir do próximo ciclo de planejamento da empresa.

Para o desenvolvimento deste estudo foi necessário definir uma questão: como priorizar os melhores e mais eficientes projetos de saneamento, sendo que existem múltiplas variáveis com diferentes naturezas para a sua escolha? “..uma situação na qual existem pelo menos duas alternativas de ação para se escolher e esta escolha é conduzida para se atender a múltiplos critérios, muitas vezes conflitantes entre si.” (LOUREIRO, 2018, p. 297). A partir disso, elegeu-se um processo de análise de multicritérios para a priorização dos projetos.

O estudo iniciou-se com uma seleção dos projetos que poderiam fazer parte do estudo de metodologia de priorização, seguido da análise de quais critérios poderiam ser eleitos para composição da metodologia. O estudo de caso baseou-se na seleção de 321 empreendimentos, que compreendem um valor total de R\$ 1,88 bilhões, bem como em análise de documentos corporativos da empresa, como a política e as diretrizes de investimentos da companhia.

Destacaram-se as premissas da política de investimentos utilizadas no atual PPI 2020-2024, que foram assim estabelecidas: 1) garantia de abastecimento de água e sua qualidade, condicionantes ambientais (“Compliance” ambiental – demandas do acordo Judicial (TAJ – IBAMA), condicionantes de outorgas e

licenças ambientais); 2) metas assumidas nos contratos de programas e contratos de concessões (para horizonte de cinco anos) e outras obrigações com os poderes concedentes.

Após a composição dos projetos, tanto nas análises dos documentos corporativos da companhia, quanto na proposta dos crítérios tidos como relevantes e mais aderentes à polítíca de investimentos, como a questão da sustentabilidade e a busca da universalização, os mesmos foram analisados, aplicados ao processo de priorização e, por fim, apresentaram-se os resultados na conclusão do estudo.

Resultados e discussão

O processo de priorização de projetos vigente na Sanepar leva em conta o atendimento às premissas da polítíca de investimentos. Porém, constata-se a inexistência de um processo estruturado de gerenciamento da demanda por projetos, bem como da ratificação de crítérios adequados. A inexistência de um processo objetivo de priorização fragiliza o resultado, bem como pode gerar um portfólio inadequado.

Optou-se, segundo a seleção dos 321 empreendimentos utilizados neste estudo de caso, pela utilização de análise multicrítérios, denominada AHP, para a definição dos pesos relativos aos crítérios adotados, sendo apresentados quatro crítérios para referida avaliação dos projetos, conforme relacionados na Tabela 03.

A apresentação dos crítérios teve a finalidade de buscar a aderência da priorização dos projetos aos conceitos do tripé da sustentabilidade, sendo o item A direcionado ao econômico, em que a faixa de classificação é do menor custo médio para o maior, e sua variação é de R\$ 320,00 a R\$ 113.920,00. A premissa é investir em empreendimentos com o menor custo médio possível, para trazer aumento de atendimento utilizando investimentos mais eficientes. O item B identificado como social, sendo que a métrica de classificação é do menor IDH do Estado do Paraná para o maior, e sua variação no estudo de caso é de 0,618 a 0,823, o objetivo é investir nos municípios com menor Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) para melhorar a qualidade de vida

dos mais carentes. No item D existe a relação direta com o meio ambiente, sendo que a política é cumprir todas as demandas de atendimento ambiental, para que a companhia opere seus sistemas dentro dos parâmetros ambientais exigidos. Já o item C, de metas de contratos de concessão, a premissa é investir em municípios para atendimento de metas pactuadas, visando à manutenção dos contratos e universalização do saneamento.

Tabela 03: Critérios escolhidos.

Item	Descrição
A	Custo médio por ligação
B	IDH (Índice de Desenvolvimento humano)
C	Metas COP (Contratos de concessão)
D	Atendimento ambiental

Fonte: Os autores (2020)

Da seleção, é apresentada na Tabela 04 a seguinte composição pelos critérios definidos:

Tabela 04: Critérios/Quantidades/Valores.

Descrição critério	Quantidade	Valor (Milhões)
Custo médio por ligação	321	R\$ 1.888,00
IDH	321	R\$ 1.888,00
Metas COP	199	R\$ 1.300,00
Atendimento ambiental	14	R\$ 268,00

Fonte: Os autores (2020)

Dos 321 empreendimentos selecionados, importante ressaltar que os critérios A e B estão presentes em todos os empreendimentos e a sua classificação durante a priorização, será classificada conforme a variação do seu valor. Os critérios C e D não se aplicam a todos os empreendimentos, e tampouco ao valor

relativo a esse critério mas, somente sinalizam se possuem ou não o compromisso ambiental/meta de contrato.

Definidos os critérios, foram estabelecidos os seus pesos relativos (Tabela 05). Na primeira tentativa de se estabelecer os pesos, foi utilizada a comparação paritária, apontando qual critério é preferível em relação a outro.

Tabela 05: Análise paritária dos critérios.

	A	B	C	D	TOTAL	PESO
A	1	1	0	0	2	20%
B	0	1	0	0	1	10%
C	1	1	1	0	3	30%
D	1	1	1	1	4	40%

Fonte: Os autores (2020)

Quando o critério da linha possui maior significância em relação ao critério da coluna, é colocado o número 1; caso contrário, é inserido o número 0. Por exemplo, o critério D (Atendimento Ambiental) é preferível em relação a todos os outros critérios, daí o número 1 aparecer em toda a linha do critério D e o seu peso relativo é igual a 40%. Outro exemplo é o critério A (Custo Médio por Ligação), que só é preferível em relação ao critério B (Índice de Desenvolvimento Humano), e tem seu peso igual a 20%.

Para esse estudo de caso, assim como ocorre no processo de priorização de portfólio das empresas, considerou-se a existência de limitação de recursos financeiros e capacidade executiva e, para fins da análise dos resultados limitou-se ao valor dos investimentos em R\$ 1,4 bi. Desta forma, em relação aos empreendimentos selecionados, ocorreu uma linha de corte para a priorização dos melhores investimentos, segundo os critérios definidos.

Tabela 06: Valores priorizados para os critérios.

Descrição critério	Peso	Valor (Milhões)
Custo médio por ligação	20%	R\$ 280,00
IDH	10%	R\$ 140,00
Metas COP	30%	R\$ 420,00
Atendimento ambiental	40%	R\$ 560,00

Fonte: Os autores (2020)

Por meio da Tabela 06, pelo método comparativo, foram definidos os pesos para cada critério e pela definição da linha de corte, resultando a definição dos valores.

Embora essa avaliação seja simples de ser efetuada, apresenta algumas limitações. Como pode ser visto, o critério D é preferível a todos os outros critérios, com peso relativo de 40% e, através do cálculo do seu peso pelo valor de R\$ 1,4 bi, temos uma cota para esse critério de R\$ 560 milhões.

Porém, conforme identificado no item D na Tabela 02, as demandas selecionadas somam um total de R\$ 268 milhões, ou seja, sua cota é maior do que o valor das demandas. Portanto, foi necessário efetuar adequação na análise paritária dos critérios.

Desta forma o item D foi limitado ao seu valor total de demandas, ou seja, R\$ 268 milhões, o que representa 19,15% do valor limite de R\$ 1,4 bi. Com essa adequação foram redefinidos os pesos para os demais critérios:

Tabela 07: Análise paritária dos critérios 2.

	A	B	C	D	TOTAL	PESO
A	1	1	0	0	2	26,95%
B	0	1	0	0	1	13,48%
C	1	1	1	0	3	40,43%
D	1	1	1	1	4	19,15%

Fonte: Os autores (2020)

O resultado da nova avaliação dos pesos relativos pode ser visto na Tabela 07 acima, onde é observado que, com a definição do percentual do critério D, os outros sofreram adequação para o fechamento dos pesos de cada um deles, resultando-se na nova distribuição dos valores por critério de priorização na Tabela 08, sendo:

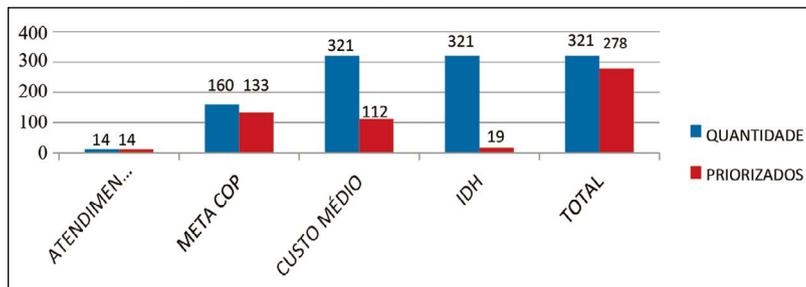
Tabela 08: Redefinição dos valores priorizados para os critérios.

Descrição critério	Peso	Valor (milhões)
Custo médio por ligação	26,95%	R\$ 377,30
IDH	13,48%	R\$ 188,65
Metas COP	40,43%	R\$ 565,95
Atendimento ambiental	19,15%	R\$ 268,16

Fonte: Os autores (2020)

Esses percentuais foram aplicados na relação dos 321 empreendimentos selecionados, cujo resultado final apresentou a configuração do Gráfico 01, a seguir.

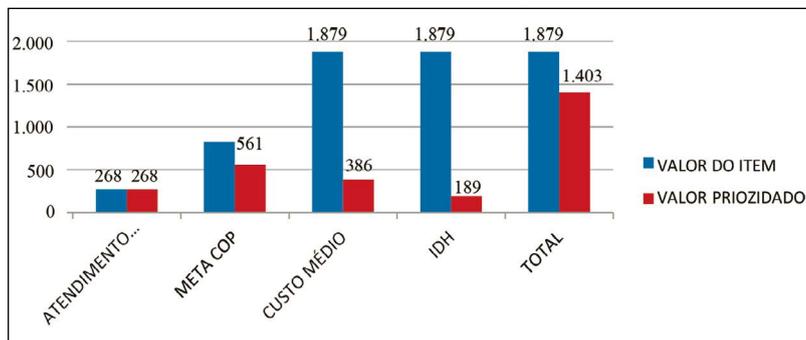
Gráfico 01: Empreendimentos priorizados.



Fonte: Os autores (2020)

Portanto, dos 321 empreendimentos selecionados, aplicando-se a matriz de priorização, chegou-se à quantidade de 278 empreendimentos priorizados. Efetuando-se a análise com relação aos valores dos empreendimentos, obtém-se a seguinte configuração, conforme o Gráfico 02.

Gráfico 02: Empreendimentos priorizados (valor).



Fonte: Os autores (2020)

Chegou-se então, a alguns dados conclusivos por meio da aplicação da metodologia proposta neste estudo de caso, a serem:

- Todas as demandas referentes ao atendimento ambiental foram selecionadas.
- Das 160 demandas para atendimento de metas contratuais, 133 foram selecionadas, ou seja, 80,12 % das demandas.

Também é possível extrair que o custo médio por ligação dos empreendimentos selecionados foi de R\$ 4,01 mil, contra um custo médio R\$ 7,28 mil, quando analisadas todas as demandas para atendimento de metas.

- As demandas selecionadas pelo custo médio por ligação, obtiveram um custo médio de R\$ 3,62 mil contra uma média geral de R\$ 8,43 mil.
- As demandas selecionadas pelo IDH, obtiveram um IDH médio de 0,674 contra uma média geral de 0,732.
- De forma geral, ao se efetuar uma análise dos dados conclusivos, o resultado apresentado, utilizando-se a metodologia proposta neste estudo de caso, mostra-se satisfatória. Porém, durante a composição do portfólio, houve a necessidade de adequação e ajuste na paridade dos critérios sugeridos, o que sinaliza que, para aplicação desta metodologia para todas as demandas da Sanepar, sugere-se uma análise mais aprofundada nos critérios de priorização.

Possivelmente, com a implantação de mais critérios de priorização, seja viável abarcar de forma mais analítica todos os projetos, não sendo necessário efetuar adequações na análise paritária dos referidos critérios, vencendo assim, a limitação da metodologia. Como proposta de melhoria deste estudo, indica-se a divulgação do mesmo para todas as áreas envolvidas da Sanepar no processo do PPI, para que possam efetuar a sua análise e propor mais critérios na composição dos pesos e, conseqüentemente, na montagem do portfólio de investimentos.

Considerações finais

Fica bastante evidente que a utilização de critérios de parametrização para o desenvolvimento do PPI é de grande relevância para escolha de um portfólio mais claro e objetivo, de forma a racionalizar a escolha dos melhores investimentos para a Sanepar.

Este modelo, além de subsidiar a elaboração do PPI, pode ser extrapolado para outras questões da Sanepar, por exemplo, como ferramenta para renovações contratuais. As trinta e três demandas para atendimentos de metas não selecionadas, devido

seu alto custo, podem ser utilizadas para renegociação com o poder concedente com a postergação destes investimentos, visto que o alto custo do investimento aumenta a tarifa para todos os usuários do serviço.

Os números demonstram que abordagem metodológica, vai ao encontro das necessidades da Sanepar, que está inserida em um modelo de negócio que presta um serviço essencial para a população. Portanto, é um compromisso da Sanepar zelar pela melhoria constante no atendimento à população.

Referências

JACOBI, P. Poder Local, Políticas sociais e sustentabilidade. de local, políticas sociais e sustentabilidade. **Saude soc.**, São Paulo , v. 8, n. 1, p. 31-48, Feb. 1999 Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/sausoc/v8n1/04>>. Acesso em: 11 de jul. 2019.

BRASIL. **Lei nº 11.445**, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/L11445compilado.htm>. Acesso em: 12 set. 2019.

LEONETI, A. B.; Prado, E. L.; Oliveira, S. V. W. B. Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI. **Rev. Adm. Pública**, Rio de Janeiro , v. 45, n. 2, p. 331-348, Abr. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rap/v45n2/03.pdf>. Acesso em: 06 de mai. 2019.

LOUREIRO, R. R.; GOLDMAN, F. L.; OLIVEIRA NETO, M. S. Gestão de portfólio com auxílio do Método AHP. **Sistemas & Gestão**, 13(3), p. 295-310. Disponível em: <<http://www.revistasg.uff.br/index.php/s/article/view/1309/html>>. Acesso em: 30 de abr. 2020.

MACEDO, J. J. **Avaliação do Setor de Saneamento no Brasil, Período 2004 a 2015: Usando a análise da Fronteira Estocástica (SFA), Análise Envolvória de Dados (DEA), Índice de Malmquist**. 2018. 2010 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Econômico), Setor de Ciências Sociais Aplicadas – Universidade Federal do Paraná, 2018.

MARINS, C. S.; SOUZA, D. O.; BARROS; M. S. **O Uso do método de Análise hierárquica (AHP) na tomada de Decisões Gerenciais – Um estudo de Caso.** 2009, p. 1778-1788. Disponível em: <<http://www2.ic.uff.br/~emitacc/AMD/Artigo%204.pdf>>. Acesso em: 10 de abr. 2019.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Panorama do Saneamento Básico no Brasil – Investimentos em Saneamento básico: análise histórica e estimativa de necessidades.** Disponível em: <https://www.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/PLANSAB/PANORAMA_Vol_5.pdf>. Acesso em: 03 de mai. 2020.

PORTAL DO SANEAMENTO. **Saneamento já tem avanços e aguarda novas regras no país, 2019.** Disponível em: <<https://www.saneamentobasico.com.br/saneamento-avancos-novas-regras/>>. Acesso em: 19 de nov. 2019.

PORTAL DO SANEAMENTO BÁSICO. **Marco legal: Saneamento básico em 6 gráficos.** Disponível em :<<https://www.saneamentobasico.com.br/saneamento-basico-brasil-graficos/>> Acesso em: 15 de jul. 2019.

SNIS – **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento.** Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/>>. Acesso em: 29 de nov. 2019.

TRATA BRASIL. **Ranking do saneamento Instituto Trata Brasil. 2019.** Disponível em: <http://tratabrasil.org.br/images/estudos/itb/ranking-2019/Relat%C3%B3rio_-_Ranking_Trata_Brasil_2019_v11_NOVO_1.pdf>. Acesso em: 15 de jul. 2019.

Capítulo 7

RECURSO FUNDO AZUL: DIVULGAÇÃO E APLICABILIDADE

Aline Tramontim Vale Bertolini
Cibele Bender Raio

Introdução

A escassez de água potável no planeta na atualidade dispara um alerta para a necessidade de análise e ações que visem a sua preservação para que haja a garantia deste bem no futuro. Diante dessa situação, é de extrema importância que todos busquem desenvolver atitudes, atendendo à legislação ambiental vigente, que propiciem o melhor aproveitamento desse recurso e que haja ações concretas para garantir o seu acesso para as gerações futuras.

A Sanepar, entendendo seu compromisso com o ambiente, possui o fundo rotativo de meio ambiente, conhecido como Fundo Azul (FA), um recurso financeiro disponibilizado que visa à melhoria da qualidade das águas dos mananciais superficiais e subterrâneos (áreas de recarga), por meio da integração das diversas áreas internas, parceiros e comunidades locais.

Desde a sua criação, no ano de 1998, o FA foi utilizado para implantação de projetos em pequena escala, de impacto localizado e de pouca abrangência em termos de atendimento à totalidade das bacias de mananciais e poços tubulares utilizados pela Sanepar.

De acordo com o manual de utilização dos recursos para preservação, conservação e recuperação de bacias de manancial e áreas de recarga de poços tubulares profundos, desenvolvido pela Sanepar, o FA é um recurso financeiro a ser utilizado, prioritariamente pelas Gerências Regionais (GR), com vistas a estabelecer cooperação com instituições externas para o desenvolvimento desses projetos e intervenções. Essas ações objetivam, sobretudo, favorecer o manejo das águas pluviais, a fim de proteger os corpos d'água, garantir a segurança da água, desacelerar as infiltrações, controlar enchentes e erosões, minimizar os impactos hidrológicos nas bacias de mananciais e a promover a biodiversidade.

Dentro deste contexto, a Sanepar, por meio da GR de Santo Antônio da Platina-PR, recebeu um ofício da Polícia Militar Ambiental (PMA) com relatório de vistorias realizadas para atendimento ao solicitado pelo Ministério Público do Estado do Paraná, pela 2ª Promotoria, com atuação perante o patrimônio público da comarca de Ibaiti-PR, assim como à solicitação feita pela Câmara Municipal de Conselheiro Mairinck-PR.

A finalidade deste levantamento foi realizar um diagnóstico das áreas degradadas com o uso antrópico do solo, da água, dos recursos naturais, com vistas à verificação da conformidade legal, com indicação de medidas preventivas e corretivas, requerendo técnicas e medidas mitigadoras na revitalização ambiental, surgindo resultados a curto, mas, principalmente, a médio e longo prazos.

A região está inserida na bacia de captação de água de Conselheiro Mairinck-PR, que tem o Ribeirão Vermelho como principal curso d'água, com área aproximada da bacia de 930 hectares. O Ribeirão Vermelho e Ribeirão Saltinho são os principais mananciais de abastecimento desse município. Na década de 1990, o Instituto Ambiental do Paraná (IAP), em parceria com a Sanepar e o município, realizou trabalho de reflorestamento nas áreas de preservação permanente (projeto água limpa), com alocação de veículos, técnicos e mudas, além de outros insumos. Atualmente, porém, a situação na bacia está longe de ser a ideal, em relação

à restauração e preservação de tais áreas e de outras, com vegetação nativa. Por isso, o pedido de apoio com ações junto ao referido local.

De posse do relatório de vistoria da PMA, com os dados e a quantidade de material necessária apurados, e com a metodologia de divulgação e aplicabilidade existente, espera-se alcançar resultados favoráveis, no sentido de recuperação e preservação da área vistoriada.

O presente capítulo visa apresentar a metodologia utilizada na divulgação e aplicabilidade de ações de proteção de nascentes e recuperação das áreas de preservação permanente, por meio de pesquisa-ação nos ribeirões Vermelho e Saltinho, no município de Conselheiro Mairinck-PR, com parceria entre Sanepar, PMA, poder concedente e produtores rurais, de modo a utilizar este projeto como escopo para implantação em outros municípios que compõem a GR de Santo Antônio da Platina-PR.

De forma mais específica, neste capítulo é apresentada a metodologia de trabalho realizado junto às instituições envolvidas na divulgação e conscientização nas propriedades vistoriadas, de modo a estabelecer cooperação com instituições externas para o desenvolvimento de projetos e intervenções, visando à preservação, conservação e recuperação de bacias de mananciais. Além disso, esta pesquisa-ação apresenta, também, os resultados alcançados pela metodologia aplicada no município de Conselheiro Mairinck-PR, especificamente nos ribeirões Vermelho e Saltinho, confirmando a importância e eficácia da parceria entre instituições e cidadãos.

Proteção de nascentes e preservação permanente

Os primeiros fundos ambientais foram criados no início da década de 90 e sua importância e número vêm crescendo desde então. Não existe uma definição rígida para os Fundos Ambientais (FAM). Sua estrutura, bem como o escopo de suas atividades, varia de acordo com o propósito de sua fundação. Entretanto, faz-se necessário reconhecer que a maioria dos FAM existentes

é destinada à preservação do meio ambiente e à promoção do desenvolvimento sustentável (LAMBERT, 2002).

Leme e Sotero (2008, p. 40) afirmam que “fundos são portas de entrada de recursos públicos e privados, que serão utilizados especificamente para o cumprimento de suas finalidades expressas em lei”. Assim, para que se tenha um FAM, é necessário que se tenha uma legislação em vigor regida de modo competente, mostrando os dispositivos legais em que se ampara. Pode-se acrescentar ainda que os FAM são mecanismos de execução e manutenção de projetos, fortalecimento de órgãos públicos que têm sua atividade voltada para a gestão ambiental, a canalização de aporte financeiro proveniente de diversas fontes e sua posterior distribuição orientada.

Materiais e métodos

Para o desenvolvimento deste capítulo, foi realizada uma pesquisa-ação, a qual é definida por Thiollent (1985, p. 14) como:

um tipo de pesquisa com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo.

De acordo com Gil (1991), a pesquisa-ação é constituída das seguintes etapas: fase exploratória, formulação do problema, construção de hipóteses, realização do seminário, seleção de amostra, coleta de dados, análise e interpretação, plano de ação de divulgação dos resultados.

Visando direcionar o trabalho de proteção às áreas de preservação, a partir da parceria entre a PMA, Sanepar, Prefeitura Municipal, comunidade e produtor rural, buscou-se levantar qual o conhecimento dos proprietários rurais quanto à legislação ambiental, a explanação sobre o levantamento realizado pela PMA e a apresentação do projeto de parceria entre Sanepar e produtor rural com utilização de recurso do FA.

A proposta é atuar com as instituições envolvidas na divulgação e conscientização nas propriedades vistoriadas, divulgar aos envolvidos o recurso financeiro disponibilizado pela Sanepar e apresentar apoio na realização e execução para aplicabilidade efetiva dos projetos para proteção e recuperação de nascentes.

A coleta de dados iniciou-se por uma fase exploratória realizada pela PMA, com a primeira abordagem quando das vistorias realizadas, momento no qual foram observadas algumas características da população envolvida. Em etapa posterior, o técnico ambiental da Sanepar, juntamente com agente da PMA percorreu o local da pesquisa e se apresentou aos proprietários. A seguir, foi iniciada a aproximação com os produtores, a partir de uma conversa.

Com o intuito de facilitar o entendimento das etapas do processo, este foi assim dividido:

População

A população-alvo deste estudo foram os proprietários, cujas propriedades rurais margeiam a bacia hidrográfica onde se localiza a captação de água responsável pelo abastecimento do município.

Procedimentos

As atividades concernentes à realização deste estudo, foram:

- Definição do cronograma de visitação: a PMA fez a identificação das propriedades que integram parte do projeto, a partir das quais surgiram possibilidades de acordos de parceria que possivelmente serão firmados.
- Levantamento de dados: realizado pelas vistorias da PMA, com o intuito de verificar as condições das nascentes nas propriedades, bem como as áreas de preservação permanente, comprovando se estão de acordo com a legislação ambiental vigente, com base na lei 12.651/2012 (BRASIL, 2012).

- Emissão de boletins de ocorrência: nos casos de não atendimento à legislação ambiental vigente, caracterizando a infração e a conseqüente informação ao proprietário rural.
- Emissão de relatório de vistorias: por parte da PMA e encaminhamento aos órgãos parceiros do projeto.
- Análise por parte da Sanepar das propriedades vistoriadas, de acordo com o porte: assim se caracteriza a parceria com utilização do recurso FA, que se faz somente com propriedades de pequeno e médio portes. Para execução em propriedades de grande porte, buscaram-se parcerias com a Secretaria Municipal do Meio Ambiente do município e comunidade.
- Análise dos dados levantados: para cálculo do material que foi utilizado no cercamento e isolamento de Área de Preservação Permanente (APP).

Para realização do projeto de cercamento e isolamento de APP, o cronograma de trabalho foi assim desenvolvido:

- Agendamento de visitas aos produtores rurais, com a presença da Sanepar e PMA.
- Investigação do conhecimento dos proprietários rurais com relação à legislação ambiental: avaliou-se como os mesmos compreendem a legislação ambiental e sua percepção sobre os recursos naturais existentes em sua propriedade.
- Apresentação do resultado da vistoria realizada na propriedade: de posse do relatório de vistorias realizadas pela PMA, foram reapresentadas ao produtor as condições encontradas das possíveis nascentes presentes na propriedade, bem como as áreas de preservação permanente, e se elas estavam de acordo com a legislação ambiental vigente.
- Apresentação do projeto: momento em que se propôs parceria para a solução das possíveis ilegalidades existentes, apontadas por meio de Boletim de Ocorrência (BO) expedido pela PMA na data da vistoria. Do levantamento apresentado, houve proposta de uma parceria que se resumiu basicamente na oferta do material necessário por parte da Sanepar, ficando a mão de obra para a execução do

cercamento sob a responsabilidade do produtor. Este passo poderia ser realizado de maneira individual, ou promovida uma reunião com todos os produtores envolvidos.

- Identificação e análise das justificativas apresentadas pelos produtores: Casos de não inclusão ao projeto, por discordância com a proposta apresentada, foram analisados de forma particular.
- Acompanhamento das atividades relacionadas à aplicabilidade do recurso: após seguir o trâmite interno para obtenção do recurso junto à diretoria do meio ambiente, a Sanepar terá, assim como todos os envolvidos no projeto, responsabilidade de fiscalizar a execução do cercamento, comprovando a utilização do material cedido e conclusão do objeto proposto a cada propriedade. Para as propriedades que não estão inseridas na utilização do recurso FA, cabe à PMA a fiscalização da execução de cercamento e isolamento de APP.
- Apresentação do resultado às instituições envolvidas e comunidade, com relatórios conclusivos e reuniões comunitárias: foi apresentado à comunidade o trabalho realizado e proposto apoio ao Poder Concedente, por meio de trabalho de EA, para desenvolver junto às escolas do município, o plantio de mudas para reflorestamento em propriedade onde foi apontada tal necessidade.

Resultados e discussão

A cidade deste estudo foi o município de Conselheiro Maírinck-PR, o qual possui uma área de aproximadamente 205 km², com uma população estimada de 3.876 pessoas (IBGE, 2020) e o manancial de abastecimento é o Ribeirão Vermelho, que faz parte da bacia hidrográfica Cinzas, sendo que a Sanepar faz a captação de água a ser tratada e distribuída para o município, possuindo 1.174 ligações totais de água e 1.062 ligações totais de esgoto. A constante preocupação da população impulsionou o trabalho realizado pela PMA Força Verde de reconhecimento de toda área de preservação dos recursos hídricos do Ribeirão Saltinho e Ribeirão Vermelho, este o principal manancial de abastecimento do município.

Figura 01: Imagem do manancial de abastecimento de Conselheiro Mairinck-PR.



Fonte: Google Maps (2020)

Foram vistoriadas 17 propriedades rurais em 8,17 Km de distância entre as nascentes do Ribeirão Vermelho e Saltinho e o município de Conselheiro Mairinck-PR. As equipes do 4º pelotão ambiental de Jacarezinho estiveram nas referidas propriedades registrando as vistorias em BO único, totalizando 10 ocorrências.

Foi constatado que onze (11) propriedades enquadram de 0 a 1 módulo fiscal onde consta a indicação, segundo a legislação, em recuo de cinco (5) metros não ultrapassando 10% em (percentual); duas (2) propriedades entre 1 a 2 módulos fiscais; uma (1) propriedade está entre 4 a 10 módulos fiscais; e três (3) propriedades que estão acima de dez (10) módulos fiscais.

Da situação constatada em cada propriedade, conforme consta no relatório gerado pela PMA, durante as vistorias foram coletadas informações das propriedades e dos respectivos proprietários, imagens fotográficas das áreas de preservação permanente e, durante as vistorias, as equipes atentaram aos detalhes pertinentes no que rege a legislação ambiental, principalmente

na Lei nº 9.605/98 (BRASIL, 1998) – Lei dos Crimes Ambientais, o Código Florestal – Lei Federal nº 12.651/12 (BRASIL, 2012) e o Decreto Federal nº 6.514/08 (BRASIL, 2008), buscando a prevenção e combate a possíveis irregularidades ambientais na região.

Das 17 propriedades rurais levantadas, 7 delas atendem à legislação vigente no sentido de preservação e isolamento de APP; 3 propriedades estão acima de 10 módulos fiscais, caracterizando a parceria com utilização do Recurso FA, que se faz somente com propriedades de pequeno e médio portes, ficando apenas 7 propriedades aptas à parceria com a Sanepar. Todas as 17 propriedades estão inseridas no projeto com plantio de mudas em APP. Para execução desse ponto, buscar-se-ão parcerias com a Secretaria Municipal do Meio Ambiente do município e comunidade.

Houve orientação aos proprietários sobre o objetivo da fiscalização nas propriedades e a boa intenção em preservar o recurso hídrico e a biodiversidade na região, em nome de futuras gerações. Foi observado, em alguns pontos, que a mata ciliar não se encontrava preservada, não sendo respeitado o recuo com a distância estabelecida em lei. Nos casos preservados, a mata não se encontrava devidamente isolada por cerca, havendo criação de gado. Em alguns pontos, a área de preservação necessitava ser regenerada, ocorrendo ali degradação ou destruição de alguma forma ou mesmo no solo, não possuindo corredor isolado no caso de criação de gado, para os animais tomarem água; e, no caso de possuir alguma forma de drenagem irregular nos ribeirões e nascentes, deixando de apresentar a perfeita fluência hídrica.

A seguir, são descritas as condições encontradas nas propriedades, as quais foram numeradas em ordem crescente para preservar os dados dos envolvidos:

Propriedade 1 - Área: 94,3587 ha e 47,603 MF

As equipes policiais realizaram medições no Ribeirão Vermelho, que atravessa essa propriedade, totalizando 418 metros, sendo constatado que os primeiros 50 metros são de banhado

e aparecem claramente umedecidos com vegetação hidrófita (taboa), porém não ocorre o respeito aos 30 metros de área de preservação permanente (APP). Na sequência, 40 metros de possíveis drenos e uma estrada de 8 metros de largura, propiciando uma passagem entre áreas de plantio totalmente secas.

Propriedade 2 - Área: 10 alqueires convertidos para 24,2000 ha e 1,344 MF

Constatou-se que a APP se encontra preservada, mas, não está devidamente isolada; também possui criação de gado e os animais têm acesso à APP. Há necessidade de reflorestamento.

Propriedade 3 - Área: 1 alqueire e 400 metros convertidos para 3,3880 ha e 0,188 MF

A equipe policial constatou que a APP se encontra devidamente preservada e isolada com arame liso de quatro fios.

Propriedade 4 - Área: 7,4325 ha e 0,412 MF

Constatou-se que a APP encontra-se devidamente isolada e preservada; possui criação de gado, que se encontra cercada com arame liso de quatro fios, mas o proprietário libera os animais para tomar água e o gado adentra na APP. Dessa forma, será necessário isolar a passagem para o gado tomar água em corredor, sugestivo para reflorestamento.

Propriedade 5 - Área: 13,3100 ha e 0,739 MF

A fiscalização constatou que a APP encontra-se preservada e também isolada com arame liso de 4 fios e com 30 metros de recuo da margem do Ribeirão Vermelho, até maior do que o previsto por lei, considerando o módulo fiscal da propriedade. Existe, porém, uma extensão que precisa ser isolada, respeitando-se a legislação do novo código florestal, Lei 12.651/2012 (BRASIL, 2012)

Propriedade 6 - Área: 7,6870 ha e 0,427 MF

Foi constatado que a APP está dentro da metragem estabelecida por lei, considerando-se o módulo fiscal da propriedade que seria o recuo de 5 metros; precisa, porém, de isolamento, considerando que existe criação de gado na propriedade, sendo necessário construção de corredor para os animais tomarem água.

Propriedade 7 - Área: 4 alqueires convertidos para 9,6800 ha e 0,5377 MF

Constatou-se que a APP não está isolada, pois existe criação de gado na área que adentra a mata ciliar, colocando-a em risco, porque os animais ficam pastando no interior da área; existe área sugestiva para ser feito reflorestamento, necessitando fazer corredor para o gado tomar água.

Propriedade 8 - Área: 240 ha ou 13,333 MF

Na vistoria foi verificado que a propriedade possui 1,6 km de APP e com vegetação nativa em estágio secundário ao seu redor. Ela é sem isolamento, com criação de gado, o qual tem livre acesso às áreas de preservação permanente. Faz-se necessário impedir o acesso, e fazer um corredor para os animais tomarem água.

Propriedade 9 - Área: 14 alqueires convertidos em 33,8800 ha e 1,882 MF

Nesta propriedade, durante a fiscalização, foram percorridos 450 metros sem isolamento; a propriedade possui criação de gado e existe área de APP que pode ser sugestivo reflorestamento. É importante fazer corredor para os animais terem acesso à água sem prejudicar a APP.

Propriedade 10 - Área: 2,5 alqueires convertidos em 6,0500 ha e 0,336 MF

Na fiscalização da propriedade, a equipe policial percorreu uma distância de 300 metros de área de preservação margeando o Ribeirão Vermelho, sendo constatado que a margem esquerda está devidamente isolada com arame liso de 4 fios, e possui vegetação remanescente. E a margem direita está sendo usada para pastagem, não se encontrando isolada, possibilitando livre acesso de gado de leite, tornando-se indispensável o corredor para os animais tomarem água.

Propriedade 11 - Área: 140 alqueires convertidos em 338,8000 ha e 18,8222 MF

Possui isolamento com cerca de arame liso de 5 fios por 550 metros e 400 metros de APP, onde se encontra uma nascente que abastece o Ribeirão Vermelho. Observa-se que ela não se encontra isolada, porém não tem acesso de animais; mas, na margem esquerda destinada a pastagem e criação de gado, não possui nenhum tipo de isolamento, havendo, entretanto, uma faixa de mata ciliar secundária.

Propriedade 12 - Área: 12,1000 ha e 0,672 MF

Foram percorridos 1170 metros de distância de APP às margens do Ribeirão Vermelho e nascentes, conforme prevê legislação. É devidamente isolada com arame liso de 5 fios; porém, a divisa de sua propriedade, que faz fundos com a propriedade 2, não se encontra isolada e o gado do vizinho tem livre acesso à área de preservação permanente, invadindo a APP do Ribeirão Vermelho, isolada pelo dono da propriedade 12.

Propriedade 13 - Área: 5 alqueires convertidos em 12,1000 ha e 0,672 MF

Constatado na fiscalização ambiental que esta propriedade possui APP preservada e isolada, e que o proprietário possui um cavalo, o qual não possui acesso na APP.

Propriedade 14 - Área: 10,1882 ha e 0,56 MF

Constatou-se que a APP encontra-se preservada, com recuo de 5 metros previsto na legislação nº 12.651/2012 (BRASIL, 2012), encontrando-se também isolada. Entretanto, possui criação de gado, sendo necessário um corredor para os animais terem acesso ao rio para tomarem água.

Propriedade 15 - Área: 104.104,0000 ha e 5,7 MF

Na fiscalização ambiental realizada na referida propriedade foi constatado que a APP encontra-se devidamente isolada, que existe criação de gado, sendo necessário fazer corredor para os animais tomarem água.

Propriedade 16 - Área: 3,1600 ha e 0,1755 MF

Constatou-se pela fiscalização ambiental que há criação de gado e que a APP não se encontra isolada; havendo, porém, o isolamento de um corredor para os animais tomarem água.

Propriedade 17 - Área: 2 alqueires convertidos em 4,8400 hectares e 0,268 módulos fiscais

A fiscalização ambiental constatou que a APP encontra-se preservada, possuindo criação de gado e a APP não está isolada conforme legislação vigente, sendo sugestivo que a isole, deixando um corredor para os animais terem acesso ao ribeirão para tomarem água.

Levantamento do material para execução de cercamento

De posse dos dados apresentados no relatório disponibilizado pela PMA, o técnico ambiental da GR de Santo Antônio da Platina-PR, apresentou um levantamento do material necessário para execução do cercamento suficiente para solucionar as ilegalidades ambientais de cada propriedade, conforme apresentado a seguir, na Tabela 01.

Tabela 01: Levantamento de material para execução de cercamento.

Propriedade	Área (Alqueire)	Extensão (m) margeando o Ribeirão Vermelho	Extensão (m) de isolamento margeando o Ribeirão Vermelho	Palanques	Grampos (Kg)	Arame (rolo)
1	39,0	418,0	916,0	229,0	2,0	9,0
2	10,0	566,0	620,0	155,0	1,0	6,0
3	1,4	Propriedade com APP preservada e devidamente isolada				
4	3,1	Propriedade com APP preservada e devidamente isolada				
5	5,5	Propriedade com APP preservada e devidamente isolada				
6	3,2	316,0	732,0	183,0	1,0	7,0
7	4,0	383,0	764,0	191,0	2,0	8,0
8	100,0	1580,0	3160,0	800,0	6,0	32,0
9	14,0	450,0	900,0	225,0	2,0	9,0
10	2,5	310,0	620,0	155,0	1,0	6,0
11	140,0	550,0	400,0	100,0	1,0	4,0
12	5,0	Propriedade com APP preservada e devidamente isolada				
13	5,0	Propriedade com APP preservada e devidamente isolada				
14	4,2	Propriedade com APP preservada e devidamente isolada				
15	43,0	Propriedade com APP preservada e devidamente isolada				
16	1,3	100,0	200,0	50,0	1,0	2,0
17	2,0	100,0	200,0	50,0	1,0	2,0
Total				2138,0	18,0	85,0
Recurso para pequenas e médias propriedades				1009,0	9	40

Fonte: Dados da Gerência Regional de Santo Antônio da Plantina – GRSP (2020)

Para finalização desta pesquisa-ação, estão programados para serem realizados ainda, os itens de agendamento das visitas aos 17 produtores rurais, a saber: a apresentação do resultado da vistoria realizada em cada propriedade e do projeto de utilização do recurso FA; o acompanhamento das atividades relacionadas à aplicabilidade do recurso; e apresentação do resultado às instituições envolvidas e comunidade, por relatórios conclusivos e reuniões comunitárias.

Considerações finais

A Sanepar possui como uma das políticas institucionais, buscar a sustentabilidade ambiental, social e econômica nas atividades e tem como compromisso conservar recursos hídricos. O FA é um recurso financeiro, disponibilizado para preservação e tratamento da defesa de áreas naturais. Com a utilização deste investimento no meio ambiente, espera-se agregar às parcerias e alcançar o objetivo de proteger as APP e a preservação de nascentes do Ribeirão Vermelho e do Saltinho.

Ações como estas relatadas neste capítulo são de extrema importância. Com o cenário de escassez hídrica atual, comprovado pelo Decreto nº 4626/2020 assinado pelo governador do Estado do Paraná, instituindo situação de emergência hídrica no Estado, trabalhar com a proteção de APP e assegurar a preservação de nascentes é garantir esse recurso, para que não se torne escasso.

Referências

BRASIL. Casa Civil Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei nº 12.651**, de 25 de Maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil. Mai. 2012.

BRASIL. **Lei nº 9.605**, de 12 de fevereiro de 1998. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19605.htm>. Acesso em: 23 de novembro de 2020.

BRASIL. **Lei nº 6.514**, de 22 de julho de 2008. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/d6514.htm>. Acesso em: 23 de novembro de 2020.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1991.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades e estados. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pr/conselheiro-mairinck.html>> Acesso em: 23 de nov. 2020.

LAMBERT, AL. **Fundos Ambientais: bem mais do que simples mecanismos financeiros: uma ferramenta de gestão ambiental**. Elaborado para o workshop do DFID sobre Ferramentas de gestão Ambiental que não sejam do tipo clássico de “comando e controle”. Cuiabá (Brasil) 22-23 de março de 2002. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/6878909-Fundos-ambientais-bem-mais-do-que-simples-mecanismos-financeiros-uma-ferramenta-de-gestao-ambiental-alain-lambert.html>>. Acesso em: 01 de mai. 2020.

LEME, T. N. ; SOTERO, J. P. Fontes de Recursos Financeiros para a Gestão Ambiental Pública: Cenários e Estratégias de Captação para o Funcionamento de Fundos Socioambientais. **Reflexões sobre o sistema de financiamento ambiental no Brasil**. Brasil: Série Financiamento e Fomento Ambiental no Brasil, Vol, 2, p.140,2008.

PARANÁ. **Decreto n. 4.626, de 07 de maio de 2020**. Dispõe sobre a situação de emergência hídrica do Estado do Paraná. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=395051>>. Acesso em: 23 de novembro de 2020.

PARANÁ, Polícia Militar Ambiental Força Verde. Documento gerado através do PROTOCOLO n. 15.989.713-3, denominado “Levantamento das áreas de APP dos Ribeirões Vermelho e Saltinho de Conselheiro Mairinck”. 2019.

SANEPAR. Companhia de Saneamento do Paraná. **Manual de utilização dos recursos para preservação, conservação e recuperação de bacias de manancial e áreas de recarga de poços tubulares profundos**. Curitiba: Fundo de Meio Ambiente, Fundo Azul. 2019.

THIOLENT, M. **Metodologia da Pesquisa-Ação**. 18. São Paulo: Cortez, 2011.

Capítulo 8

ANÁLISE DE DESCONTOS EM LICITAÇÕES DE OBRAS: QUALIDADE E AVALIAÇÃO DAS CONTRATADAS

Diego Augusto Klein Mayer
George Francisco Santiago Martin

Introdução

O presente estudo analisa contratações de obras civis relacionadas ao saneamento básico, comparando os descontos obtidos em processos de licitações públicas e a qualidade dos serviços prestados por empresas contratadas.

Desta forma, delimitou-se o estudo para contratações realizadas pela Sanepar, especificamente através da Gerência de Projetos e Obras Sudoeste (GPOSO), considerando o período de 2015 a 2019.

O Brasil tem um grande desafio para buscar a universalização do saneamento básico. Nesse sentido, a Sanepar destaca-se em nível nacional como uma das melhores empresas de saneamento, apresentando um índice de 100% de atendimento com rede de água e 74,2% de cobertura com redes de esgoto (SANEPAR, 2020).

Os investimentos da Sanepar no ano de 2019 somaram mais de 1 bilhão de reais em obras de ampliação e implantação de sistemas de abastecimento de água, coleta e tratamento de resíduos líquidos e sólidos (SANEPAR, 2020). Para

isso, as contratações de serviços devem ser realizadas por meio de licitações.

Atualmente (2020), a Sanepar enquadra seu estatuto jurídico por meio da Lei nº 13.303/2016 (BRASIL, 2016), por ser uma empresa de economia mista. Diante dessa caracterização, os principais critérios de julgamentos de processos licitatórios envolvem menor preço, maior desconto, melhor combinação de técnica e preço, melhor técnica, entre outros.

Os processos de contratação de obras envolvem ainda a participação contínua do corpo técnico desta Companhia, desenvolvendo a gestão e a fiscalização dos contratos, para se garantir o atendimento às especificações de qualidade prescritas nos projetos e o atendimento às diretrizes contratuais. Para isso, são utilizadas ferramentas de gestão, como é o caso da avaliação de qualidade dos serviços prestados pelas empresas contratadas.

Assim, o objetivo deste capítulo é apresentar uma análise comparativa entre os valores de desconto praticados nos processos licitatórios de obras e as avaliações de qualidade, por meio das notas do Formulário de Avaliação de Contratada Executora de Obras e/ou Serviços (FAE), sob o âmbito da GPOSO, compreendendo o período de 2015 a 2019. Busca-se identificar a existência de relação entre maiores valores de descontos ofertados e menor qualidade dos serviços prestados, sugerindo melhorias de processos.

Contratações de obras públicas e qualidade

Segundo a Lei nº 8.666/93 (BRASIL, 1993), obra é toda construção, reforma, fabricação, recuperação ou ampliação, realizada por execução direta ou indireta. A execução direta ocorre quando é realizada pelos órgãos e entidades da administração, já, a execução indireta é aquela que se dá por meio de contratação de serviços de terceiros, via licitação.

De acordo com Philippsen Junior e Fabricio (2011), o poder público, pelos seus órgãos de administração direta, autarquias, empresas públicas ou economias mistas, difere da iniciativa privada no momento da contratação de serviços e obras, pela

necessidade de manter atendidos os preceitos citados nos procedimentos e leis, tal como as Leis nº 8.666/93 (BRASIL, 1993) e nº 13.303/2016 (BRASIL, 2016). Diferente da iniciativa privada, os entes públicos devem garantir a disputa entre os interessados, a fim de garantir a proposta mais vantajosa aos interesses coletivos.

Barros Filho e Rivelini (2016) indicam que os processos de contratação pública devem atender ainda aos princípios de legalidade, isonomia, eficiência e economicidade. Todo processo de contratação de obras deve ser precedido de etapas de planejamento e, posteriormente, garantido o acompanhamento realizado pela fiscalização de sua execução, a fim de se garantir a qualidade dos produtos, a ser verificada pelos índices de desempenho enunciados em normas e boas práticas de engenharia e arquitetura.

Além disso, Antonello (2017) cita a complexidade das legislações brasileiras as quais, muitas vezes, têm a função de coibir desvios de recursos públicos e buscar a qualidade dos serviços contratados.

Para o caso específico de economias mistas, a legislação pertinente para seu estatuto jurídico, exploração de atividades econômicas de produção ou comercialização de bens e prestação de serviços, é a Lei nº 13.303, de 30 de junho de 2016 (BRASIL, 2016). Essa lei apresenta a obrigatoriedade de contratação de serviços por meio de processo licitatório, indicando ressalvas de dispensa de licitação em situações específicas. Em seu artigo 54, são indicados os critérios de julgamento que podem ser utilizados nos processos de contratação, destacando-se o de menor preço, maior desconto, melhor combinação de técnica e preço, entre outros. Nos processos licitatórios de obras da Sanepar, observa-se, em sua maioria, a utilização de critérios de menor preço ou maior desconto, sendo vencedora a proposta de valor em que se comprovar maior vantagem econômica.

Passados os procedimentos de contratação das empresas, inicia-se uma etapa fundamental para garantir o cumprimento dos projetos e planejamento, sendo esta a execução das obras. Tal

processo deve ser realizado com acompanhamento de fiscalização dos entes públicos, a fim de garantir o atendimento ao projeto, especificações, normas e desempenho das edificações. No Brasil, há um distanciamento entre a execução de obras públicas e privadas, quanto à exigência de qualidade e desempenho das edificações, em que normalmente se vê a falta da responsabilização do executor quando aparecem patologias ou vícios ocultos que se evidenciam em momentos posteriores à conclusão das obras (BARROS FILHO e RIVELINI, 2016).

Para Ercan (2018), o conceito de qualidade relaciona-se ao atendimento às necessidades dos clientes, vinculando-se ao processo, e não ao produto, uma vez que este só é garantido por meio de processos de qualidade, cujo resultado nas obras públicas se reflete, portanto, no atendimento aos anseios e necessidades da população, seja pelo desempenho das estruturas, seja pelo atendimento de forma tempestiva.

Santos, Starling e Andery (2015) indicam as discrepâncias entre os prazos e custos de execução frente aos planejamentos, panorama frequente em países em desenvolvimento, porém, não exclusivamente. Citam, ainda, que os principais aspectos observados estão relacionados a inconformidades e incompatibilidades nos projetos, interferências dos usuários e contratantes, despreparo de executores, mão de obra não qualificada e distanciamento entre as etapas de projeto e obra. Os resultados são observados em atrasos na execução, prorrogações de prazo de execução e excessivos aditivos contratuais (PHILIPPSEN JUNIOR e FABRICIO, 2011).

O Brasil tem grande desafio em seu desenvolvimento em implantar larga escala de infraestrutura, a fim de propiciar condições de crescimento e qualidade de vida à população. Observa-se, ainda, o acréscimo da competitividade entre empresas executoras de obras públicas, devido ao incremento do número de participantes nos processos licitatórios, principalmente, a partir da década de 1980. Desta forma, observam-se maiores valores de descontos praticados, o que diminui a margem de lucro das empresas,

obrigando-as a aprimorarem seus procedimentos, a fim de não comprometer a qualidade dos serviços prestados (PHILIPSEN JUNIOR e FABRICIO, 2011).

Com o objetivo de propiciar condições de fiscalização e aprimoramento dos processos, existem ferramentas e sistemas de gestão para padronização de procedimentos, monitoramento e avaliação das etapas para os serviços prestados (ERCAN, 2018). Na Sanepar, são usadas ferramentas descritas nos seguintes documentos: Instrução de Trabalho IT/ENG/0031; Sistemática de Avaliação de Contratada Executora de Obras e/ou de Serviços de Engenharia e Instrução de Apoio – IA/ENG/0026; FAE. Estes procedimentos são padronizados com *checklists* de avaliações de desempenho que resultam em notas e conceitos, variando entre insuficiente, inadequado, adequado e excelente.

Materiais e métodos

O presente estudo compreende uma pesquisa quali-quantitativa na qual relacionam-se os descontos ofertados nas contratações por licitações de obras civis e a qualidade desses serviços, analisando as notas de avaliações das contratadas no FAE (IA/ENG/0026). Limitou-se a pesquisar as contratações da GPOSO nos anos de 2015 a 2019.

A Sanepar adota a divisão das áreas atendidas por seus projetos e obras de saneamento em cinco regiões, tendo cada uma sua respectiva Gerência de Projetos e Obras: GPOSO – região sudoeste, GPOND – região nordeste, GPOSD – região sudeste, GPOCT – região de Curitiba e litoral e GPONO – região noroeste.

A Figura 01 apresenta a área de atendimento da GPOSO, localizada na cidade de Cascavel-PR, atendendo municípios das regiões Oeste e Sudoeste do Paraná, estes divididos em cinco Gerências Regionais (GR).

As GR estão localizadas nas cidades paranaenses de Toledo, Cascavel, Foz do Iguaçu, Francisco Beltrão e Cascavel, contemplando o atendimento a 84 municípios, com projetos e obras de ampliação e implantação de sistemas de abastecimento de água e sistemas de esgotamento sanitário.

obras e serviços, tornando-se um banco de dados relevante para o gerenciamento da empresa.

Previamente à realização do trâmite licitatório, engenheiros e técnicos das Gerências de Projetos e Obras da Sanepar realizam a orçamentação das obras civis, a partir de quantitativos de projetos. Então é determinado o valor máximo para a licitação, o que limita as propostas apresentadas pelas empresas proponentes.

O RAE apresenta também o percentual de desconto da contratação, sendo este a diferença em percentual entre o valor máximo estipulado na licitação e o valor apresentado como proposta pela empresa vencedora do trâmite licitatório:

$$\text{Desconto [\%]} = \left(\frac{V_{ML} - V_{PV}}{V_{ML}} \right) \times 100 \quad (1)$$

Sendo:

V_{ML} = Valor máximo da licitação

V_{PV} = Valor da proposta vencedora

O FAE está estruturado em catorze módulos, com diferentes pesos em seus itens e subitens:

Tabela 01: Módulos e pesos avaliados por meio do formulário de avaliação da contratada – FAE.

Avaliação de Contratada Executora de Obras e ou Serviços Módulos e Pesos		
	Módulo	Peso
1	Canteiro de Obras	2
2	Serviços Técnicos	5
3	Serviços Preliminares	3
4	Movimento de Terra	4
5	Assentamento	5
6	Pavimentação	5

(Tabela 01 – cont.)

(Tabela 01 – cont.)

Avaliação de Contratada Executora de Obras e ou Serviços Módulos e Pesos		
	Módulo	Peso
7	Ligações Prediais	3
8	Construção Civil	5
9	Administração	2
10	Segurança	5
11	Imagem da Contratada	2
12	Subcontratação de Serviços	2
13	Materiais	2
14	Cronograma	3

Fonte: IA/ENG/0026-004 (SANEPAR, 2019)

A cada medição de serviços que ocorre mensalmente no período de contratação, o engenheiro responsável realiza a avaliação das contratadas, seguindo o roteiro de itens e subitens indicados no FAE, resultando em uma nota final ponderada pelos pesos de cada módulo, que pode variar, indicando um conceito de excelente até insuficiente:

Tabela 02: Conceitos do formulário de avaliação da contratada – FAE.

Conceituação	Faixa de Valores Referenciais
Excelente	0 a < 4
Adequado	≥ 4 a < 16
Inadequado	≥ 16 a < 21
Insuficiente	≥ 21 a 100

Fonte: IA/ENG/0026-004 (SANEPAR, 2019)

Destaca-se que, por se tratar de documento normativo, o FAE passou por revisões no decorrer do período 2015-2019.

Observou-se variação nos pesos dos módulos e faixas de valores para cada conceito; porém, para a análise, utilizaram-se os valores absolutos obtidos nos formulários, uma vez que a metodologia não sofreu alteração significativa, mantendo o conceito principal de “quanto menor a nota encontrada, melhor é o conceito de qualidade obtido pela empresa contratada”.

Após a obtenção do RAE, os respectivos descontos de cada contratação e as médias finais dos formulários de avaliação das contratadas, os dados puderam então ser tabelados para análises de correlação.

O resultado foi uma planilha digital, contendo informações dos contratos selecionados como empresas contratadas, número de contrato e ordem de serviço, valor do contrato, descrição do empreendimento, percentual de desconto e média de avaliação do FAE. A partir desses dados, foi realizada uma análise gráfica.

Resultados e discussão

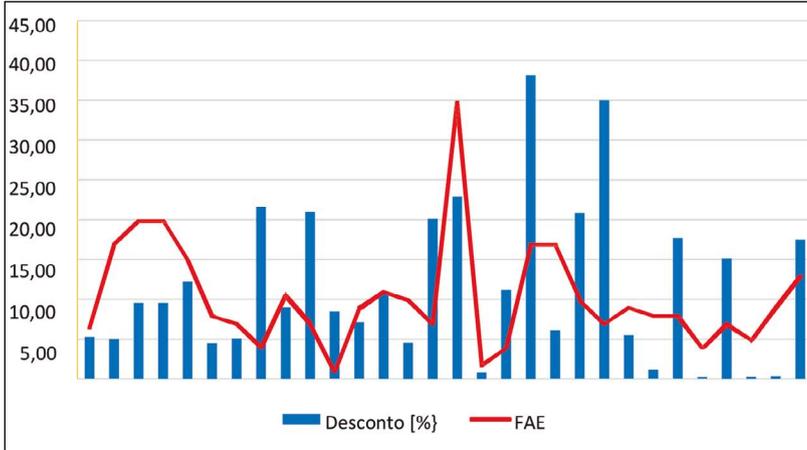
Das contratações selecionadas, observaram-se as seguintes médias de desconto e avaliações do FAE:

- Média de descontos das contratações: 11,56%
- Média de avaliação FAE: 10,3 (Conceito: adequado)

O Gráfico 01 apresenta a evolução de 2015 a 2019 dos valores de desconto e médias finais do FAE para cada contratação analisada, ordenados por sua data de assinatura de contrato.

O Gráfico 01 aponta leve tendência no aumento do percentual de desconto nas contratações com o avançar do período analisado; porém, as avaliações das contratadas não apresentam características que definam tal tendência no espaço temporal analisado. Os resultados são compatíveis com o aumento na concorrência de empresas no ramo de obras públicas, observado historicamente no período e verificado na revisão bibliográfica especializada.

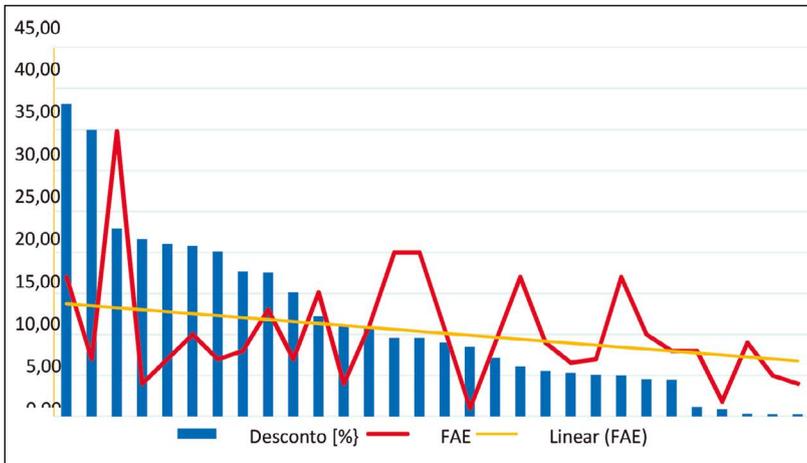
Gráfico 01: Evolução de descontos e avaliações do FAE de 2015 a 2019.



Fonte: Os autores (2020)

Por sua vez, o Gráfico 02 apresenta as informações de desconto das contratações [%] e avaliações do FAE, ordenadas do maior desconto identificado, 37,10%, para o menor 0,25%, conforme abaixo:

Gráfico 02: Comparativo entre percentual de descontos e avaliações do FAE.



Fonte: Os autores (2020)

A partir do Gráfico 02, pode-se realizar uma análise comparativa, buscando correlação entre os maiores descontos nas contratações e maiores notas de avaliação das contratadas, indicando menores índices de qualidade das contratadas. Ainda que as avaliações do FAE se mostrem bastante variadas, observa-se, através da linha de tendência linear, um menor valor nas avaliações do FAE (melhor conceito de qualidade), nas contratações que apresentaram menores descontos. A fim de se verificar se os extremos na amostra demonstram a existência de relação entre os valores de desconto das contratações e avaliações do FAE, selecionaram-se 20% das contratações com maior valor de desconto e 20% com menor valor de desconto, resultando em seis amostras para cada análise.

A média de desconto identificada das seis contratações com maior desconto foi de 26,57%, a respectiva média do FAE de 13,3. Para as seis amostras de menor desconto, observou-se uma média de desconto de 1,24% e, respectivamente, uma média de avaliações do FAE de 6,0. Assim, observa-se uma tendência de menores valores do FAE para contratações com menor valor de desconto, indicando melhores índices de qualidade na execução das obras.

Verificou-se, ainda, grande volatilidade nos valores avaliados, variando dentro das mesmas contratações, como também sob aspecto de diferentes avaliadores. Isso demonstra possível interferência no resultado das avaliações devido a componente da avaliação humana e às limitações da metodologia adotada pelo FAE, uma vez que cada item avaliado pode ser considerado somente como “atende” ou “não atende”, o que significa a ausência de leitura parcial dos casos.

Considerações finais

Este capítulo buscou analisar um dos processos desenvolvidos dentro da Sanepar relacionado à contratação de obras sobre os aspectos legais, com foco nos índices alcançados pelas avaliações de qualidade das contratadas.

Foi analisada apenas uma pequena etapa de todos os processos que envolvem a Companhia para o desenvolvimento de

ações ambientais de saneamento básico, que não abrangem os programas de EA, a operação dos sistemas de abastecimento de água, a coleta e tratamento de resíduos líquidos e sólidos, a gestão de uma empresa de grande porte e prestadora de serviços essenciais à população paranaense.

Os dados analisados mostraram uma relação entre contratações com maiores descontos nos processos licitatórios e piores avaliações de qualidade dos serviços prestados pelas empresas contratadas. Conforme a própria bibliografia indicou, no Brasil, o acréscimo na competitividade entre as empresas nos trâmites licitatórios de obras públicas obrigou-as a trabalharem com menores margens de lucro e a realizarem melhorias nos processos, o que também pode levar a menor qualidade dos serviços prestados.

Mesmo sendo uma pequena amostra, notou-se a ocorrência de avaliações indicando menor qualidade em casos de descontos mais expressivos, podendo significar que margens de descontos, até certo ponto, demonstram a competitividade entre as empresas, mas podem não conseguir absorver certo grau de disparidade financeira na execução dos contratos.

A amostra estudada neste capítulo foi restringida a uma situação regional dentro da área de atendimento da Sanepar. Constatou-se, pois, oportunidade de melhoria nos processos de contratações de obras, sugerindo-se estudo no emprego de critérios de julgamento de propostas, levando-se em consideração aspectos técnicos das concorrentes.

Da mesma forma, criou-se a oportunidade de analisar e projetar restrições nos processos licitatórios, o que poderia evitar a contratação sob preços muito distantes dos orçados pela Sanepar, evitando-se, assim, a concretização de contratações que podem gerar desequilíbrios financeiros, resultando em menor qualidade dos serviços prestados.

De forma geral, conclui-se como pertinente a relação entre a qualidade dos serviços prestados e os descontos registrados nos processos licitatórios, com atenção especial aos casos mais desviados da média de mercado.

Referências

ANTONELLO, O. B. et al. Licitações de obras públicas, na modalidade concorrência, sua previsão legal no ordenamento jurídico brasileiros e seus princípios fundamentais. **Constituição & Justiça: Estudos e Reflexões**, Cocal do Sul, v. 2, n. 1. 2019. Disponível em: <<http://periodicos.unibave.net/index.php/constituicaojustica/article/view/112/97>>. Acesso em: 17 dez. 2019.

BARROS FILHO, O. X. de; RIVELINI, A. R. B. Vícios construtivos em obras públicas: um estudo de caso de 27 obras. **Revista Uningá Review**, Maringá, v. 28, n. 2, Out-Dez 2016, p.16-23.

BRASIL. **Lei nº 13.303**, de 30 de junho de 2016. Dispõe sobre o estatuto jurídico da empresa pública, da sociedade de economia mista e de suas subsidiárias, no âmbito da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/113303.htm>. Acesso em: 20 de nov. 2019.

BRASIL. **Lei nº 8.666**, de 21 de junho de 1993. Institui normas para licitações e contratos da Administração Pública, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/18666cons.htm>. Acesso em: 20 de nov. 2019.

ERCAN, L. M. P. C. **Diretrizes e requisitos para planejamento de obras públicas a partir da análise de processos licitatórios**. 2018. 108 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.

PHILIPPSEN JUNIOR, L. A.; FABRICIO, M. M. Avaliação da gestão e coordenação de projetos aspecto qualidade de obras públicas vinculadas à Lei n.º 8.666/93. **Anais**. II Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído - Sbqp 2011. X Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifício, [s.l.], 4 nov. 2011. Universidade Federal do Rio de Janeiro, p.518-527. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4237/sbqp.11.344/>>. Acesso em: 17 de dez. 2019.

SANEPAR. Companhia de Saneamento do Paraná. 2020. Disponível em: <<http://site.sanepar.com.br/a-sanepar/sanepar-em-numeros>>. Acesso em 15 de fev. 2020.

SANEPAR. Companhia de Saneamento do Paraná. Documento Normativo IA/ENG/0026-004. **Formulário de Avaliação de Contratada Executora de Obras e ou Serviços – FAE**. Janeiro de 2019.

SANEPAR. Companhia de Saneamento do Paraná. Documento Normativo IT/ENG/0031-005. **Sistemática de Avaliação de Contratada Executora de Obras e ou de Serviços de Engenharia**. Abril de 2019.

SANTOS, H. de P.; STARLING, C. M. D.; ANDERY, P. R. P. Um estudo sobre as causas de aumentos de custos e de prazos em obras de edificações públicas municipais. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, n. 4, out./dez. 2015, p. 225-242.

PARTE II

A SANEPAR E SUAS FERRAMENTAS

Capítulo 9

ANÁLISE ENVOLTÓRIA: SANEAMENTO PARANAENSE

Vanderléia Loff Lavall
Gilson Mussi dos Reis

Introdução

O setor de saneamento brasileiro é formado por pequenas e grandes empresas públicas, privadas e de economia mista, com diferentes interesses de mercado e com o mesmo objetivo – a universalização do atendimento. Universalizar o saneamento, de acordo com a Lei nº 11.445/2007, significa a ampliação progressiva do acesso de todos os domicílios ocupados ao saneamento básico, ou seja, propiciar a todos os brasileiros o acesso igualitário ao saneamento básico, sem barreiras de qualquer natureza. Paralelamente, o PLANSAB prevê a estimativa de alcançar a universalização do abastecimento de água e dos serviços de esgotamento sanitário até 2033 (PLANSAB, 2020).

Diretamente relacionada à universalização, está a eficiência produtiva e alocativa de recursos e a capacidade de investimento das empresas do setor, as quais captam recursos, onerosos ou não, ou dispõem de recursos próprios para expansão do mercado. Dados do SNIS revelam que a média anual de investimento no setor reduziu, passando de R\$ 13 bilhões em 2010 para R\$ 10,96 bilhões em 2017, sendo que,

para atingir a universalização até 2033, a média de investimentos deveria ser em torno de 18 bilhões anuais (SNIS, 2019).

Investir em novas tecnologias de tratamento ou processos de distribuição e ampliação da capacidade instalada é crucial para atendimento das metas, e o retorno dos investimentos é fundamental para a saúde financeira das empresas, pois, muito além de prestar um serviço de utilidade pública, as empresas do setor estão inseridas em uma estrutura de mercado de monopólio natural, cujas características são de elevados investimentos e retornos de médio e longo prazos. Desse modo, é crucial que as empresas do ramo avaliem o quão eficiente é sua atuação no mercado e ponderem possibilidades de melhorias.

Frente ao cenário nacional, o Paraná é um estado com bons índices para o setor de saneamento. Indaga-se, porém, o quão eficientes são as empresas operantes. Desse modo, o presente capítulo objetiva analisar, entre 2008 e 2018, a eficiência do setor de saneamento no estado do Paraná, comparando a Sanepar entre suas divisões regionais e, ainda, a Sanepar com a soma dos demais prestadores do serviço no estado.

Análise envoltória de dados (DEA)

A Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* – DEA) foi desenvolvida inicialmente por Charnes, Cooper e Rhodes em 1978, baseada em retornos constantes de escala, conhecido como modelo CCR em homenagem aos autores, com o objetivo de determinar a eficiência econômica relativa das empresas, excluindo o aspecto financeiro, e trabalhando com múltiplos insumos e produtos (ARRUDA e SOUSA, 2008).

O modelo DEA consiste em uma metodologia não paramétrica para mensuração comparativa da eficiência de unidades tomadoras de decisão *Decision Making Units* (DMU), com base nas melhores práticas. O conjunto de DMU deve ser homogêneo e ter em comum a utilização dos mesmos *inputs* e a produção dos mesmos *outputs* (LINS et al., 2007).

Souza e Wilhelm (2009) destacam que a DEA pode ser considerada uma abordagem que mede excelência, uma vez que

premia as DMU com as melhores práticas observadas. A classificação de uma unidade como eficiente ou ineficiente só depende do seu desempenho em transformar os *inputs* em *outputs*, quando comparada com as outras unidades observadas.

A metodologia de análise de eficiência DEA representa um dos métodos mais conhecidos e utilizados na literatura mundial que, por meio da programação linear, permite identificar as unidades tomadoras de decisão que fazem parte da fronteira eficiente e as ineficiências relativas das demais unidades, com base nos insumos e produtos utilizados para aferição (ARRUDA e SOUSA, 2008).

Nesse sentido, Souza e Wilhelm (2009) afirmam que a abordagem DEA consiste na resolução de problemas de programação linear, com o objetivo de projetar os produtores ineficientes tecnicamente até o conjunto de eficiência forte ou o conjunto de eficiência fraco. Os tipos de retornos de escala, geralmente considerados, são os retornos constantes de escala, retornos não crescentes e não decrescentes de escala e retornos variáveis de escala, conforme Figura 01.

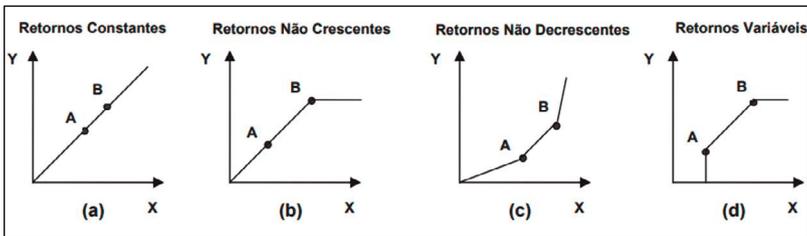
Arruda e Sousa (2008, p. 73-74) destacam que há, no modelo DEA, quatro possibilidades que demonstram a relação entre insumos e produtos:

- 1) Retornos Constantes de Escala (*Constants Returns to Scale - CRS*): ocorre quando acréscimos no consumo de insumos resultam em aumentos proporcionais na quantidade de produtos obtidos, isto é, quando os insumos são alterados por um fator λ positivo, a produção irá aumentar ou diminuir por este mesmo fator λ (a).
- 2) Retornos Não Crescentes de Escala (*Non Increasing Returns to Scale - NIRS*): um processo produtivo apresenta retornos não crescentes de escala se, ao multiplicar a quantidade de insumos por um fator $\lambda > 1$, os produtos forem alterados por um fator $\lambda' \leq \lambda$ (b).
- 3) Retornos Não Decrescentes de Escala (*Non Decreasing Returns to Scale - NDRS*): um processo produtivo apresenta

retornos não decrescentes de escala se, ao multiplicar a quantidade de insumos por um fator $\lambda > 1$, os produtos forem alterados por um fator $\lambda' \geq \lambda$ (c).

- 4) Retornos Variáveis de Escala (*Variables Returns to Scale – VRS*): um processo produtivo apresenta retornos variáveis de escala se não obedecer a qualquer dos tipos de retornos apresentados antes. Ocorre quando ao multiplicar os insumos por um fator λ , os produtos podem seguir qualquer comportamento em relação a este fator λ (d).

Figura 01: Tipos de retornos de escala.



Fonte: Arruda e Sousa (2008)

Os pontos “A” e “B” da Figura 01 representam as DMU sobre uma fronteira de produção, com os 4 tipos de retorno possíveis em um plano de produção viável, ou seja, eficiente. As DMU pertencentes ao conjunto a ser analisado pela aplicação DEA devem possuir a mesma natureza, ou seja, no caso de empresas, que sejam do mesmo segmento, exemplo: bancos com bancos, prefeitura com prefeituras, isto é, unidade produtiva que se deseja avaliar e comparar com outras unidades da mesma natureza.

Nesse sentido, no presente estudo serão avaliadas as empresas prestadoras de serviços de saneamento no estado do Paraná e as subdivisões regionais da Sanepar, constantes de escala CRS, que, de acordo com Arruda e Sousa (2008, p. 77):

[...], determina, para cada uma das unidades avaliadas, a máxima razão entre a soma ponderada dos *outputs* e a soma ponderada dos *inputs*, sendo que os pesos serão distribuídos pela otimização do próprio modelo. Nesse modelo, os crescimentos nos *inputs* resultarão em aumentos proporcionais

nos *outputs*, assim como, uma redução nos *inputs* significará diminuição proporcional dos *outputs*.

De acordo com Seifirs e Tone (*apud* JUBRAN, 2020), além das DMU, alguns elementos básicos para a aplicação DEA, são:

- *Inputs* - compreendidos como insumos: matéria prima, equipamentos, capital, horas de trabalho, energia e tempo de trabalho empregado pela DMU para produção.
- *Outputs* ou saídas, compreendem os produtos gerados pela DMU como bens ou serviços produzidos e vendidos, sendo que uma DMU pode ter uma ou mais saídas.
- Modelo escolhido, visto que a DEA permite modelos como CCR, com retorno constante de escala ou CRS e BCC (Banker, Charnes e Cooper) assumindo um retorno variável de escala, denominado VRS.
- Fronteira de eficiência, que é construído a partir dos melhores resultados apresentados pelos conjuntos de DMU.

Observa-se que, para cada DMU, é atribuído um valor máximo de eficiência = 1 ou 100%.

Materiais e métodos

Para alcançar os objetivos propostos, foi realizada pesquisa bibliográfica acerca do modelo de DEA e angariadas informações do SNI sobre saneamento entre 2008 e 2018, a fim de mensurar a eficiência do setor de saneamento no Estado do Paraná, com auxílio da modelagem DEA.

A formulação matemática das condições do modelo DEA é apresentada no modelo básico CCR a seguir, onde a eficiência é a razão entre a soma ponderada dos produtos (*output*) e a soma ponderada dos insumos (*inputs*):

Eficiência = $\frac{\text{Soma ponderada dos outputs}}{\text{Soma ponderada dos inputs}}$

$$\text{Max} \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{ro}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}}$$

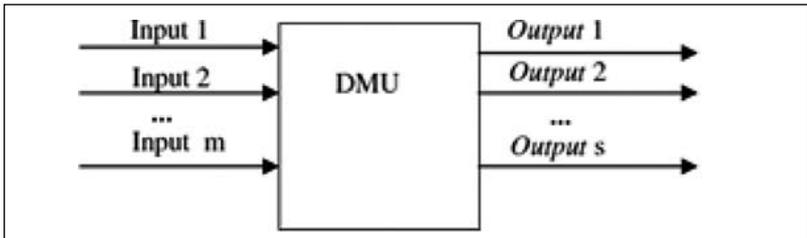
$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1, j = 1, 2, \dots, n$$

$$u_r \geq 0, v_i \geq 0$$

r : vinculado à saída (r -ésimo peso de entrada)
 v : i ésimo peso de saída
 o : Subscrito da unidade decisória ($0 \in \{1, 2, \dots, n, \square\}$)
 u_r : peso dado para a r -ésima variável de saída
 v_i : peso dado para a i -ésima variável de entrada
 $logo$: u_r e v_i : pesos de outputs e inputs respectivamente y_{ro} e x_{io} : valores de r -ésima saída e i -ésima entrada para o unit,
 $logo$: inputs i e outputs r da DMU 0
 i : entrada
 j : DMU
 Y_{rj} x_{ij} : valores da r -ésima saída e i -ésima entrada para a j -ésima unidade
 s : número de saídas
 m : número de entradas
 n : número de unidades

O conjunto de DMU deste estudo é homogêneo e tem em comum a utilização dos mesmos *inputs* (entrada) e a produção dos mesmos *outputs* (saídas), bem como a quantidade de recursos utilizados (*inputs*) e de bens produzidos (*outputs*), conforme modelo Figura 02.

Figura 02: Modelagem de homogeneidade das DMU.



Fonte: Soares et al. (2017)

Nesta pesquisa foram analisadas conjuntamente a eficiência da Sanepar entre suas 5 subdivisões regionais e, paralelamente um comparativo de eficiência, sempre pelo modelo CCR (visto que o modelo compara uma DMU com todas as suas concorrentes), entre a Sanepar e os demais prestadores de serviços de

saneamento do Estado do Paraná, agrupadas, mencionadas no estudo como “outros prestadores”.

As informações de *inputs* e *outputs*, bem como empresas atuantes em cada município e região, foram obtidas no SNIS entre os anos de 2008 e 2018, conforme Quadro 01.

Quadro 01: Matriz de *inputs* e *outputs*.

Input	Output
FN010 - Despesa com pessoal próprio	AG006 - Volume de água produzido
FN011 - Despesa com produtos químicos	AG005 - Extensão da rede de água
FN013 - Despesa com energia elétrica	AG003 - Quantidade de economias ativas de água
FN014 - Despesa com serviços de terceiros	ES004 - Extensão da rede de esgotos
FN016 - Despesas com juros e encargos do serviço da dívida	ES003 - Quantidade de economias ativas de esgotos
FN019 - Despesas com depreciação, amortização do ativo diferido e provisão para devedores duvidosos	ES005 - Volume de esgotos coletado
	ES006 - Volume de esgotos tratado

Fonte: Os autores (2019)

Para calcular a eficiência pelo modelo DEA, foi utilizado o software livre R e R studio¹, a partir do script apresentado por Pessanha et al (2013). Houve a segmentação dos dados em 2 grupos, sendo o primeiro entre as regiões do Estado do Paraná atendidas pela Sanepar e, o segundo, pelo total da Sanepar e total de outros prestadores no Estado.

Resultados e Discussão

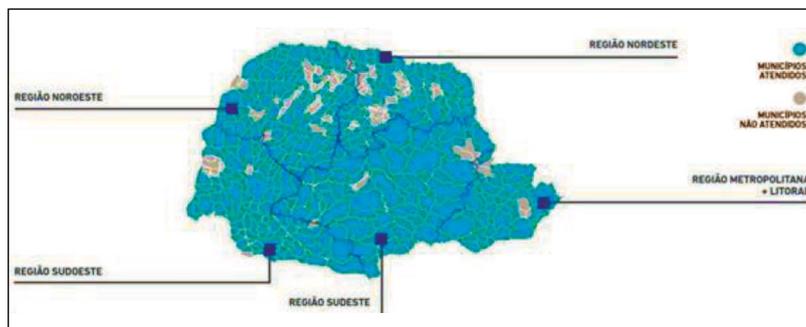
O Paraná tem sido um estado em destaque pelos níveis de universalização do saneamento. A Sanepar atende cerca de 96%

1 Disponível em: <<http://www.r-project.org/>>.

dos municípios do estado com abastecimento de água e, dos que possuem serviço de coleta e tratamento de esgoto, 89,5% são atendidos pela estatal.

Os municípios não atendidos pela Sanepar são gerenciados pelo poder público municipal ou por empresas privadas, visto que a concessão para operação dos serviços é realizada pelos municípios, com estabelecimento de metas contratuais. A Figura 03 apresenta o mapa do Paraná, com as subdivisões regionais apresentadas pela Sanepar e evidencia, em fundo azul, o municípios atendidos com abastecimento de água e/ou esgoto pela estatal.

Figura 03: Municípios atendidos pela Sanepar por Região do Estado do Paraná.



Fonte: Sanepar - Relatório² de sustentabilidade (2018)

O crescimento das cidades requer investimentos para ampliação do atendimento à população. A Tabela 01 apresenta os índices de atendimento dos serviços de água (abastecimento de água potável) e esgoto (esgotamento sanitário) resultantes da pesquisa no SNIS (2018). Foram realizadas duas estratificações de dados, sendo a primeira entre as regiões do estado atendidas pela

2 Disponível em: http://ri.sanepar.com.br/ptb/2062/18627_709125.pdf. Acesso em: 11 dez. 2020.

Sanepar, com base nos municípios constantes nas regiões delimitadas por cada polígono da Figura 03 (fundo azul), e, a segunda, entre a Sanepar e outros prestadores, municípios marcados com a outra cor na Figura 03.

Tabela 01: Índice de atendimento dos serviços de água e esgoto.

Região	Índice de atendimento com rede %				Índice de tratamento dos esgotos gerados %
	Água		Coleta de esgoto		
	Total	Urbano	Total	Urbano	Total
Região Metropolitana + Litoral	83,89	100	55,94	73,70	100
GGND - Região Nordeste	91,82	100	58,02	71,73	100
GGNO - Região Noroeste	96,09	100	53,69	68,69	100
GGSD - Região Sudeste	67,06	100	59,19	72,45	100
GGSO - Região Sudoeste	81,52	100	64,15	80,46	100
Total Sanepar	85,41	100	58,15	73,18	100
Outros Prestadores	91,31	99,13	71,29	81,31	96,73
Paraná	86,16	99,89	59,69	74,14	99,62

Fonte: Os autores com base nos dados do SNIS 2018

A infraestrutura e a forma de gestão, eficiência e sustentabilidade econômico- financeira e socioambiental, além da regularidade e continuidade dos serviços prestados se refletem nos resultados das empresas. Os dados evidenciam que, no tocante ao abastecimento de água, há universalização para as áreas urbanas atendidas pela Sanepar, com os demais prestadores bastante próximos dos 100%. Destaca-se que os contratos de concessão, ou

programa firmados entre a concessionária e a prefeitura, focam o perímetro urbano de cada município.

No contraponto está a coleta e tratamento de esgotos que, frente aos elevados custos e complexidade das plantas, não está presente em todos os locais atendidos com água; entretanto, em 2018, a Sanepar atendeu 188 municípios, com média de 73,18% de coleta do esgoto urbano contra 81,3% das autarquias municipais e empresas privadas, que, no mesmo ano, atenderam 22 municípios. Cabe destaque para os percentuais de tratamento do efluente gerado, antes do retorno ao corpo receptor (rios). Empresas do setor de saneamento, não diferente das demais, precisam manter eficiência alocativa de recursos para garantir a qualidade e confiabilidade dos serviços prestados.

Assim, os principais *drivers* de custos operacionais da prestação de serviços de *utilities* do setor de saneamento são dois: o volume de água distribuída e o número de consumidores atendidos. Esses custos, entretanto, são influenciados por fatores não controlados pelas prestadoras, a exemplo da dispersão espacial dos consumidores, aspecto este associado ao tamanho da rede de distribuição.

Para determinados locais, onde há maior aglomeração de consumidores, a prestação de serviço terá um provisionamento de custos menor do que locais com maior dispersão. Frente a estas perspectivas do mercado, propõe-se um modelo DEA com orientação para o insumo, no qual o *operational expenditure* (OPEX) será o único input para cada DMU, com três *outputs*: 1) volume de água distribuída (m³) somado ao volume de esgoto tratado; 2) número de consumidores atendidos (economias³ de água e esgoto) e 3) extensão da rede de distribuição de água e coleta de esgoto (km).

3 Economia ou Unidade de Consumo: todo imóvel ou suas subdivisões, com ocupação independente das demais, identificável e/ou comprovável em função da finalidade de sua ocupação legal, dotado de instalação privativa ou comum para uso dos serviços de abastecimento de água e/ou esgotamento sanitário, cadastrado para efeito de faturamento (Regulamento Geral dos Serviços – Agepar).

Cabe, agora, definir OPEX – despesas operacionais que são pagamentos relativos à atividade de gestão empresarial e venda de produtos e serviços. Nesta análise foram utilizadas as seguintes despesas para formação do OPEX: despesa com energia elétrica, produtos químicos, pessoal próprio, serviços de terceiros e outros, entre os anos de 2008 e 2018, a partir de dados extraídos do SNIS (2019), conforme demonstrado no Quadro 01.

Os resultados da análise de eficiência pelo modelo de análise do DEA-CCR, para os municípios atendidos pela Sanepar entre 2008 e 2018, são apresentados na Tabela 02, de acordo com as subdivisões regionais – também denominadas macrorregiões.

Tabela 02: Resultado do cálculo de eficiência das macrorregiões do Paraná atendidas pela Sanepar pela modelagem DEA.

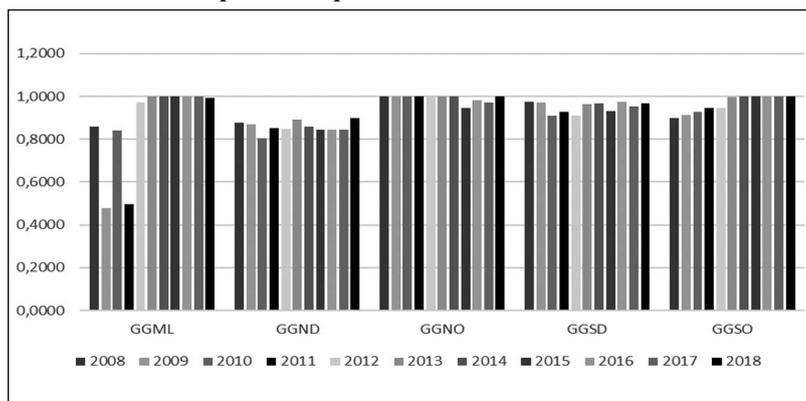
Macrorregião Ano	Região Metropolitana + Litoral - GGML	Região Nordeste GGND	Região Noroeste GGNO	Região Sudeste GGSD	Região Sudoeste GGSO
2018	0,9949	0,9004	1	0,9677	1
2017	1	0,8447	0,9698	0,9522	1
2016	1	0,8436	0,9811	0,9741	1
2015	1	0,8446	0,9462	0,9310	1
2014	1	0,8577	1	0,9673	1
2013	1	0,8901	1	0,9635	0,9951
2012	0,9711	0,8476	1	0,9082	0,9448
2011	0,4970	0,8505	1	0,9278	0,9445
2010	0,8415	0,8030	1	0,9095	0,9296
2009	0,4788	0,8706	1	0,9704	0,9150
2008	0,8605	0,8767	1	0,9743	0,8972

Fonte: Os autores (2019)

Os dados da Tabela 02 evidenciam que no ano de 2018 duas, dentre as cinco macrorregiões estudadas, apresentaram combinação ótima de recursos, podendo-se inferir que elas formam a fronteira de eficiência deste universo. Nesse ano, a região metropolitana + litoral atingiu 0,99 pontos, e poderia também ser considerada eficiente.

A região noroeste – GGNO pode ser considerada a mais eficiente no período analisado, seguida da região metropolitana + litoral e região sudoeste, conforme evidenciado também pela Figura 04.

Figura 04: Resultado do cálculo de eficiência das macrorregiões do Paraná atendidas pela Sanepar.



Fonte: Os autores (2019)

Verifica-se ainda que as regiões nordeste e sudeste não atingiram a máxima combinação eficiente de recursos em nenhum dos períodos analisados.

A menor eficiência de algumas regiões pode estar relacionada à maior dispersão espacial dos consumidores, ao relevo das cidades, ao perfil de consumo e ao padrão ou qualidade da rede de distribuição, visto que a qualidade da rede está diretamente relacionada às perdas na distribuição (vazamento de rede, manutenção inadequada, etc).

A Tabela 03 apresenta informações quanto à média do índice de perdas entre 2008 e 2018. No primeiro quadrante, para o aglomerado regional atendido pela Sanepar e, no segundo, os demais prestadores, evidenciando que ela não é unicamente responsável pelas variações de eficiência.

Tabela 03: Média do índice de perdas faturamento entre 2008 e 2018.

Região\ano	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Total
Metropolitana Litoral	15,4	11,6	13,9	12,7	15,3	14,0	13,2	11,2	15,4	30,5	36,4	17,1
GGND	12,0	-15,0	10,9	12,0	12,5	11,8	11,0	11,6	13,4	19,9	25,7	11,5
GGNO	7,8	7,0	6,7	6,4	6,2	5,2	2,9	1,1	2,4	10,5	16,8	6,7
GGSD	-0,8	-1,3	-1,3	-3,4	-1,3	-1,9	-0,8	0,1	1,1	13,2	21,4	2,0
GGSO	6,9	6,8	6,4	6,4	6,8	8,1	8,1	8,1	9,2	16,1	23,6	9,5
Média Sanepar	7,7	1,1	6,8	6,5	7,3	7,0	6,3	5,9	7,5	16,3	23,1	8,6
Média Outros Prestadores	25,9	19,7	17,3	17,5	18,8	17,2	17,6	20,8	22,2	21,9	24,4	20,3
Média Paraná	8,8	3,0	8,1	7,7	8,7	8,2	7,8	7,8	9,4	17,0	23,3	9,9

Fonte: SNIS (2019)

O índice de perdas é calculado pelo SNIS pela seguinte fórmula:

IN013 - Índice de perdas faturamento	
Forma de cálculo	Informações envolvidas
$\frac{AG006 + AG018 - AG011 - AG024}{AG006 + AG018 - AG024} \times 100$	AG006: Volume de água produzido AG011: Volume de água faturado AG018: Volume de água tratada importado AG024: Volume de serviço

E são classificadas em aparentes e reais, sendo as perdas aparentes conforme o SNIS (2019) chamadas de:

perdas não físicas ou comerciais, estão relacionadas ao volume de água que foi efetivamente consumido pelo usuário, mas que, por algum motivo, não foi medido ou

contabilizado, gerando perda de faturamento ao prestador de serviços. São falhas decorrentes de erros de medição (hidrômetros inoperantes, com submedição, erros de leitura, fraudes, equívocos na calibração dos hidrômetros), ligações clandestinas, bypass irregulares nos ramais das ligações (conhecidos como “gatos”), falhas no cadastro comercial e outras situações. Nesse caso, a água é efetivamente consumida, mas não é faturada pelo prestador de serviços.

Ainda, de acordo com o SNIS (2019), as perdas reais são conhecidas como:

[...] perdas físicas, referem-se a toda água disponibilizada para distribuição que não chega aos consumidores. Essas perdas acontecem por vazamentos em adutoras, redes, ramais, conexões, reservatórios e outras unidades operacionais do sistema. Elas compreendem principalmente os vazamentos em tubulações da rede de distribuição, provocados especialmente pelo excesso de pressão, habitualmente em locais com grande variação topográfica. Os vazamentos estão associados ao estado de conservação das tubulações (materiais utilizados, idade das redes), à qualidade da instalação pela mão de obra executada e à existência de programas de monitoramento de perdas, dentre outros fatores”.

Nesse sentido, há vários fatores que influenciam as perdas. Os números negativos na Tabela 03 referem-se principalmente à cobrança de tarifa mínima de volume faturado de 10m^3 , praticada pela Sanepar até maio de 2017, quando o volume medido era inferior a esta cifra.

A qualidade ou características dos mananciais ou dos corpos de captação são também importantes, considerando a relação entre a quantidade de produtos químicos dispendidos para o tratamento da água e a qualidade da água captada. A contraponto, em se tratando de esgoto, a qualidade do efluente para tratamento ou o estilo da estação de tratamento adotada irá impactar no quantitativo de produtos químicos utilizados para despejo do efluente novamente ao corpo receptor (rio), fato diretamente associado ao custo OPEX.

Há, ainda, que se avaliar os valores investidos em cada região, além do tipo de investimento, que podem estar relacionados a tecnologias capazes de elevar a eficiência operacional do sistema; até mesmo novos processos, eventualmente adotados em uma região e não utilizados nas demais, podem refletir em melhor combinação de recursos.

Cabe também destacar que a eficiência produtiva pode ser entendida como componente físico, que se refere à habilidade de evitar desperdícios, produzindo tantos resultados quanto os recursos utilizados permitirem, ou utilizando o mínimo possível de recursos para aquela produção.

Considerando ainda que, quanto menor o número de funcionários para obtenção de um *output*, mais eficiente a empresa será, a mão de obra empregada também é considerada fator básico para obtenção de *outputs*, exercendo importante influência sobre os resultados do modelo, mesmo sendo um dado de difícil acesso, em virtude da dificuldade de determinar a força de trabalho empregada diretamente e indiretamente em cada macrorregião.

Partindo para análise dos resultados do modelo DEA para a comparação entre a Sanepar e os demais prestadores, observa-se, com base nas Tabela 04 e Figura 05, que o setor de saneamento do Estado apresenta boa combinação de insumos e produtos, com elevados indicadores de eficiência, cabendo destaque para a empresa Sanepar.

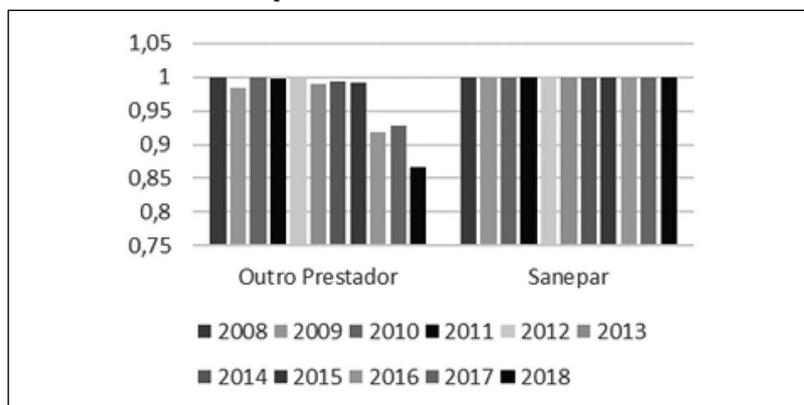
Cabe observar que o modelo DEA prevê homogeneidade dos fatores (*inputs e outputs*), e que, devido aos diferentes estilos de administração das empresas identificadas como “outro prestador”, esta análise poderá ficar prejudicada, recomendando-se para um próximo trabalho a análise dos *inputs* considerando cada prestador como uma DMU e não aglomerando-os.

Tabela 04: Resultado do cálculo de eficiência entre a Sanepar e a somatória dos demais prestadores.

Ano	Outro Prestador	Sanepar
2008	1	0,9997
2009	0,9841	1
2010	1	1
2011	0,9974	1
2012	1	1
2013	0,9897	1
2014	0,9935	1
2015	0,9913	1
2016	0,9178	1
2017	0,9276	1
2018	0,8654	1

Fonte: Os autores (2019)

Figura 05: Resultado do cálculo de eficiência entre a Sanepar e a somatória dos demais prestadores.



Fonte: Os autores (2019)

Considerações finais

Acerca do setor de saneamento no Paraná, verifica-se amplo atendimento com abastecimento de água nas áreas urbanas, contemplando 99,89% dos consumidores, restando, entretanto, oportunidades de investimentos em coleta e tratamento de esgoto, cujo índice de atendimento urbano do Estado é de apenas 74,14%.

Partindo para análise sob a perspectiva das cinco macrorregiões da empresa Sanepar, notou-se a universalização do atendimento com água nas áreas urbanas dos municípios atendidos, restando ainda um percentual de 26,82% como desafio para universalização do atendimento para coleta e tratamento dos esgotos.

A análise da eficiência técnica das DMU foi desenvolvida com base no método não paramétrico DEA, e os objetivos propostos para o estudo foram alcançados; entretanto, percebeu-se que avaliar a soma de *inputs* e *outputs* de prestadores de serviços de saneamento e compará-los com um único prestador não é adequado, frente a possível falha de homogeneidade da DMU, quando utilizada a partir da soma de todos demais prestadores do estado.

No tocante à medição do índice de eficiência técnica das 5 subdivisões/macrorregiões da empresa Sanepar, foi possível classificá-las como eficientes e ineficientes. As DMU que atingiram índices mais próximo da fronteira de produção, ou seja, mais próximos de 1 ou 1 são classificados como eficientes e, portanto, atingiram maior produção utilizando menor quantidade de insumos.

Quanto à análise do progresso técnico no período 2008/2018, constata-se melhora de eficiência, principalmente nas regiões sudoeste e metropolitana litoral. A eficiência técnica média, sob retornos constantes à escala, para as cinco macrorregiões produtivas foi de 0,9280 ou 92,8%. Considerando os resultados do modelo DEA para as regiões atendidas pela Sanepar, pode-se inferir que, no ano de 2018, nenhum caso de ineficiência foi constatado.

Os resultados do modelo evidenciaram também que, entre os municípios atendidos pela Sanepar, a região mais eficiente

relativamente às demais unidades, ou seja, aquela capaz de realizar a melhor combinação entre os *inputs* e *outputs* analisados no modelo, foi a noroeste. Há diversos fatores que podem influenciar os resultados do modelo, como qualidade dos mananciais, aglomeração espacial dos consumidores, relevo, qualidade da rede de distribuição, tecnologia empregada no tratamento, emprego de mão de obra, porte das cidades, entre outros.

Referências

ARRUDA C. E.; de SOUSA, R. F. **Um estudo comparativo da eficiência das usinas hidrelétricas do Brasil, utilizando a análise por envoltória de dados DEA**. 2008. 141 f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Economia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.

BRASIL. **Lei nº 11.445**, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/L11445compilado.htm>. Acesso em: 12 set. 2019.

JUBRAN, A. J. **Modelo de análise de eficiência na administração pública**: estudo aplicado às prefeituras brasileiras usando a análise envoltória de dados. 2006. Tese (Doutorado em Sistemas Eletrônicos) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

LINS, M. E. , et al. (DEA) para avaliação de hospitais universitários brasileiros. **Ciência & Saúde Coletiva**, [s.l.], v. 12, n. 4, p. 985-998, ago. 2007.

PESSANHA, J. F. M., et al. **Implementando modelos DEA no R. Simpósio de excelência em Gestão e tecnologia**, 10, 2013. Resende-RJ: AEDB, 2013. Disponível em: <<https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos13/44218525.pdf>>. Acesso em 30 de jan. 2020.

PLANO NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO. Disponível em: <www2.mma.gov.br/PLANSAB_Versao_Consehos_Nacionais_020520131>. Acesso em:12 de fev. 2020.

SANEPAR. Companhia de Saneamento do Paraná. **Relatório de Sustentabilidade 2018**. Disponível em: <http://ri.sanepar.com.br/ptb/2062/18627_709125.pdf>. Acesso em: 18 de jan. 2020.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Série Histórica**. Disponível em: <<http://app4.cidades.gov.br/serieHistorica/>>. Acesso em: 23 de jan. 2020.

SOARES, B. G., et al. **SIMDEA - Sistema integrado de modelagens em análise envoltória de dados**. XLIX Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Anais...Blumenau, Brasil: 2017. Disponível em: <<http://www.sbp2017.iltc.br/trabalhos-completos-dea.html>>. Acesso em: 05 de mar. 2020.

SOUZA, P. C. T.; WILHELM, V. E. Uma introdução aos modelos DEA de eficiência técnica. **TUIUTI: Ciência e Cultura**, Curitiba, n. 42, p. 121-139, 2009. Disponível em: <http://universidadetuiuti.utp.br/Tuiuticienciaecultura/ciclo_4/tcc_42_FACET/pdf%27s/art_10.pdf>. Acesso em: 15 de dez. 2020.

Capítulo 10

ESTATÍSTICA APLICADA: DEMANDA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Júlio Kazuhiro Tino

Nilson César Bertóli

André Clivati Astafieff

Antonio Gil Fernandes Gameiro

Introdução

Os núcleos urbanos ampliam-se, à medida que a dinâmica populacional é expandida, pela fluidez migratória das pequenas cidades para as áreas metropolitanas; pelo acréscimo vegetativo em número cada vez maior de habitantes e pelo aumento da qualidade de vida da população, promovida em grande parte pela universalização do saneamento, que se encontra em curso vigente no Brasil, com proeminência em determinados estados, como o estado do Paraná (PARANÁ, 2020).

Observando-se o desenvolvimento dos centros urbanos, pode-se ressaltar que tais progressos trazem implicações relevantes à gestão e ao planejamento das cidades, principalmente, ao adequado fornecimento qualitativo e quantitativo de água potável para as respectivas populações. Aliadas a esta constante preocupação e de necessidade premente, as empresas de saneamento devem manter-se competitivas, necessitando constantemente rever e aprimorar-se na busca de uma adequada e eficiente gestão operacional.

O estudo sobre o controle preditivo do consumo de água, apresentado neste capítulo, é realizado por meio de métodos estatísticos, da aplicação em um estudo de caso, com a finalidade de subsidiar a aplicação da gestão da demanda de curtíssimo prazo (ou em tempo real) no Sistema de Abastecimento de Água (SAA) de Londrina-PR. Isso é possível, pela verificação da correlação estatística de fatores temporais e sazonais, para a proposição do modelo de estudo e análise da aplicabilidade de métodos de previsão de demanda, por meio de Controle Estatístico de Processo (CEP) e regressão polinomial.

Desta forma, este estudo visa contribuir para a manutenção do elevado nível de competitividade da Sanepar no mercado e colaborar com a excelência dos serviços prestados à população paranaense. Ainda, esta iniciativa torna-se o primeiro passo para a implantação de ferramentas de inteligência artificial no SAA de Londrina-PR, como futuro trabalho a ser desenvolvido pela Sanepar.

Vale ressaltar que, este estudo se justifica em cumprimento aos princípios, valores e políticas institucionais de qualidade, de desenvolvimento e inovação da Sanepar. A gestão eficiente da demanda de abastecimento de água, objeto deste estudo, possui o intuito de proporcionar maior confiabilidade do sistema supervisório e tomadas de decisão mais adequadas e precisas, com mitigação de prejuízos devido às perdas inerentes dos processos industriais de produção e distribuição de água potável.

O problema de pesquisa está atrelado ao melhor entendimento dos fatores motivadores que geram as variações de demanda de abastecimento de água, em curto espaço temporal, e à investigação de variáveis diretamente correlacionadas, que possam dirimir incertezas no gerenciamento e tomadas de decisão equivocadas. Desta forma, o objetivo foi examinar se a utilização de métodos estatísticos pode auxiliar a gestão da demanda de curtíssimo prazo (tempo real) em SAA.

Métodos de previsão de demanda

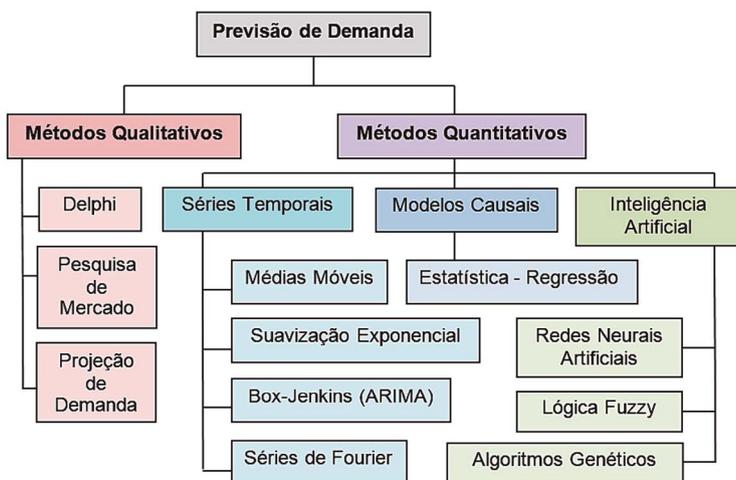
O efetivo gerenciamento da demanda de abastecimento de água é guiado por instrumentos que garantam a previsibilidade

do consumo da população e promovam tomadas de decisão mais assertivas, por parte dos gestores técnicos das empresas de saneamento.

A importância da estimativa prévia de demanda de abastecimento de água advém da observação da inconstância dos consumos anuais, mensais, diários e horários observados em qualquer SAA do Brasil e do mundo, de acordo com observações dos estudos de Tsutiya (2004) e Silva (2003).

Tais inconstâncias ou variabilidades de demanda são geralmente causadas pelas condições climáticas, pelos preços cobrados pelo serviço de fornecimento de água, estado de conservação das instalações hidráulicas prediais e de infraestrutura, nível socioeconômico da população e tipo de habitação a ser abastecida (SILVA, 2003). De acordo com esse autor, existem dois métodos de estimativa de demanda (Figura 01), a saber: os métodos quantitativos e os métodos qualitativos, sendo estes últimos fundamentados em julgamento, intuição, entrevista e usados para criar cenários futuros. Já, os métodos quantitativos baseiam-se em modelos matemáticos e computacionais.

Figura 01: Métodos e Modelos de Previsão de Demanda.



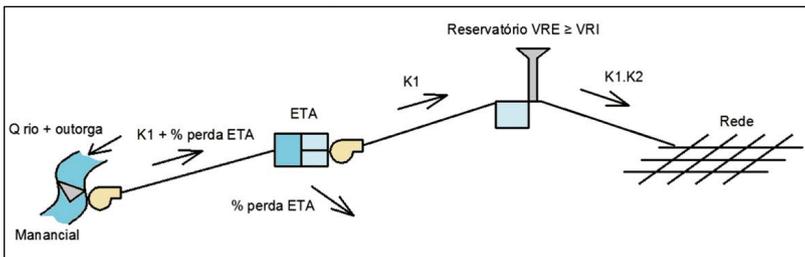
Fonte: Adaptado de Silva (2003)

A variabilidade da demanda de consumo de água pode ser tecnicamente definida pela Norma Brasileira (NBR) 12.211 (ABNT, 1992), que considera a demanda composta pelo consumo de ligações medidas e não medidas, além do volume de perdas no sistema. Esta Norma apresenta os conceitos de coeficiente do dia de maior consumo (K_1), visto na Equação 1 e coeficiente da hora de maior consumo (K_2), mostrado na Equação 2. O esquema característico de emprego dos coeficientes K_1 e K_2 , encontram-se ilustrados na Figura 02.

$$K_1 = \frac{\text{maior consumo diário do ano}}{\text{consumo médio diário do ano}} \quad (1)$$

$$K_2 = \frac{\text{maior vazão horária do dia}}{\text{vazão média horária do dia}} \quad (2)$$

Figura 02: Esquema característico de um SAA com $VRE \geq VRI$ (com suficiência de reservatórios).



Fonte: Tino et al. (2017)

As recomendações para a determinação de K_1 e K_2 para projetos, baseadas em dados obtidos por diversos autores e entidades, foram estudadas por Tsutiya (2004). Em seu trabalho, o coeficiente K_1 variou entre 1,08 a 4,00 e o coeficiente K_2 variou entre 1,30 a 6,00. Usualmente, utilizam-se $K_1 = 1,20$ e $K_2 = 1,50$, na falta de maiores informações ou dados da área de estudo do projeto.

Um coeficiente intermediário a K1 e K2 foi desenvolvido por Tino, Gameiro, Calzavara e Gasparini (2017), profissionais da Sanepar, denominado coeficiente de ajuste (Ka), que pode ser utilizado como indicador da suficiência de reservatórios no SAA em estudo. O cálculo do coeficiente Ka é auxiliado por um indicador designado Índice de Reservação Ideal (I), cuja formulação depende da Demanda Máxima Diária histórica do sistema (Dmax) e do Volume de Reservação Ideal (VRI), demonstrada na Equação 3.

$$I = \frac{D_{\max} + VRI}{D_{\max}} \quad (3)$$

O coeficiente Ka (Equação 4), definido por Tino, Gameiro, Calzavara e Gasparini (2017), é balizado pela diferença de I e a razão entre o Volume de Reservação Existente (VRE) e Dmax, e ao final, elevado ao logaritmo de K2 na base I. Observa-se que, caso Ka resulte menor que 1, deve-se considerar o valor unitário para o coeficiente Ka. A Equação 4 interpola automaticamente valores entre 1 e K2, com relação imediatamente proporcional da diferença entre VRI e VRE.

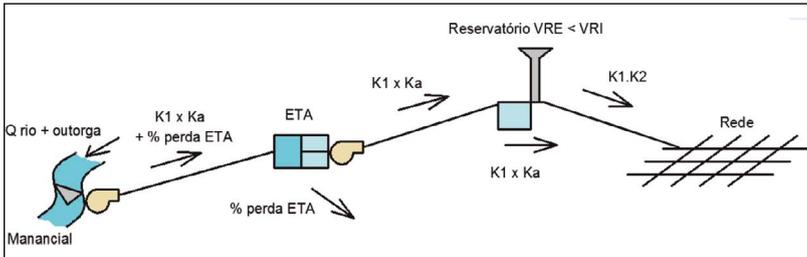
$$K_a = \left[I - \left(\frac{VRE}{D_{\max}} \right) \right]^{\log_i^{K_2}} \quad (4)$$

O coeficiente Ka, entre outras empregabilidades, tem o papel de integrar-se ao coeficiente K1, em sistemas cujo armazenamento de água é insuficiente para o pleno atendimento do coeficiente K2, pelo volume de reservatórios existentes (suficientes ou insuficientes), nos SAA em estudo.

Desta forma, a vazão acessória pode ser calibrada por meio do emprego do Coeficiente de Ajuste de Vazão (Ka). Por definição, o coeficiente Ka deve posicionar-se entre os valores: 1 e o Coeficiente de Demanda Máxima Horária (K2), inclusive; ou $1 \leq K_a \leq K_2$. O diagrama constitutivo e distribuição dos coeficientes em

um SAA genérico estão ilustrados com o emprego do coeficiente K_a , na Figura 03:

Figura 03: SAA com $VRE < VRI$ (insuficiência de reservatórios) e aplicação do coeficiente K_a .



Fonte: Tino et al. (2017)

O enfoque deste capítulo situa-se nos métodos quantitativos, os quais serão tratados adiante. Dentre os diversos trabalhos sobre os métodos quantitativos, destacam-se mais três estudos de profissionais da Sanepar, que já trabalharam este tema: Sachet (2004), Depexe, Freire e Vianna (2009) e Vasilio e Jorge (2009).

Uma metodologia de regressão linear múltipla para predição mensal do volume de água a ser produzido no SAA de Paranavaí-PR, foi aplicada por Sachet (2004). O método estatístico *Stepwise* foi utilizado neste laborioso trabalho técnico, o qual avalia a combinação de todas as regressões possíveis; neste caso específico, foram utilizadas as seguintes variáveis independentes para a categoria residencial: número de economias, temperatura ambiental, densidade pluviométrica e preço de venda da água. O tratamento estatístico determinou que o melhor modelo foi o que se utilizou do número de economias e da temperatura para o prognóstico da demanda de água de Paranavaí-PR. Entretanto, avaliou-se que, se outras variáveis significativas fossem acrescentadas, tais como rendimento do parque de hidrômetros ou renda familiar, o modelo poderia passar por mudanças significativas.

O controle gráfico com limites flutuantes, proposto por Depexe, Freire e Vianna (2009), é um dos modelos de elevado valor

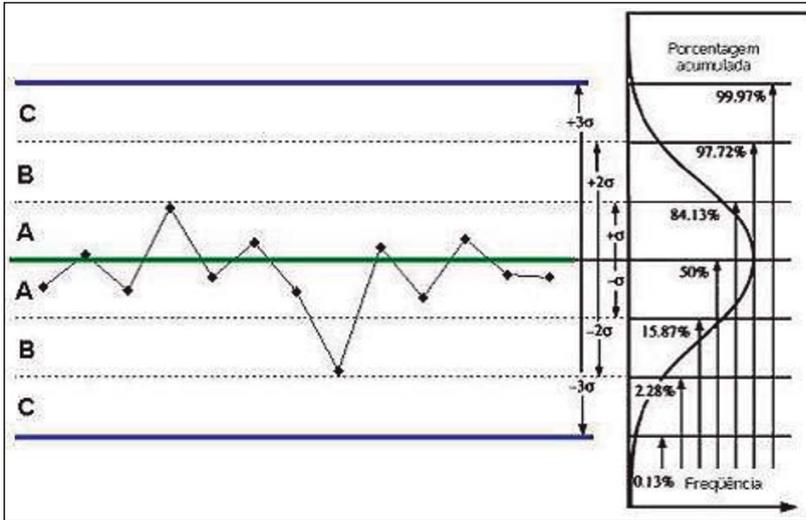
técnico, aplicado neste estudo. Originalmente, o método foi aplicado no controle e programação da produção horária da estação de tratamento de água da cidade de Maringá-PR, responsável pelo abastecimento de uma população aproximada de 330 mil habitantes, na época do estudo. O trabalho possibilitou reduzir o volume produzido, que estava acima da demanda, o qual resultou em diminuição do volume de perdas, do consumo de energia elétrica e de produtos químicos utilizados no tratamento da água.

Ainda, outro trabalho da Sanepar, de alta relevância técnica, que também inspirou esta pesquisa, foi aplicado no sistema de Apucarana-PR, como o estudo de caso realizado por Vasilio e Jorge (2009). Os autores estabeleceram curvas de demandas horárias, a partir de dados históricos de vazão, utilizaram médias baseadas em padrões cíclicos diários e sazonais de consumo. Os padrões de sazonalidade foram divididos em quatro faixas de temperatura classificadas pelos autores. Ainda, definiram curvas médias, máximas e mínimas para cada dia da semana, os quais se correlacionam com as temperaturas médias ocorridas historicamente.

Com o acolhimento da metodologia seguida pelos estudos expostos como base teórica, este capítulo pautou-se na abordagem em métodos quantitativos e de regressão matemática, para o desenvolvimento das previsões de consumo de curtíssimo prazo para a gestão em tempo real da demanda de abastecimento de água para a cidade de Londrina-PR. O método de regressão polinomial e gráficos com limites flutuantes foram utilizados como medida adotada para o aperfeiçoamento da prática de trabalho e busca pela excelência da organização.

Materiais e métodos

Os dados dos volumes produzidos horários (variáveis dependentes) foram verificados por meio da aplicação do CEP, com o emprego da técnica gráfica de valor individual. Segundo Montgomery e Runger (2003), o controle estatístico da qualidade pode ser definido como métodos estatísticos e de engenharia, que são utilizados na medida, no monitoramento, no controle e na melhoria da qualidade dos processos.

Figura 04: Exemplo de gráfico de CEP.

Fonte: Sanepar (2014)

As variáveis analisadas, ao seguir uma distribuição normal, tendem a permanecer próximas à média, dentro da faixa de 1 desvio-padrão, ou $\pm 1\sigma$, pois 68,26% dos dados devem estar dentro desta faixa. Ao se dilatar a faixa para 2 desvios-padrão ($\pm 2\sigma$), encontrar-se-ão na mesma 95,45% dos valores

Com ampliação da análise para 3 desvios-padrão ($\pm 3\sigma$), 99,73% dos dados estarão contidos neste intervalo. Portanto, segundo a Sanepar (2014), apenas 0,27% dos pontos de uma distribuição normal permanecerão fora dos limites de 3 desvios, conforme a Figura 04: o que demonstra a grande possibilidade de que seja uma causa especial, que deverá ser investigada.

Este método também foi utilizado para identificação e exclusão de possíveis dados fora dos limites de controle, na composição do histórico de dados, tais como a interrupção de produção do sistema (programadas ou não programadas), que trariam pontos no gráfico abaixo do Limite Inferior de Controle (LIC), ou grandes vazamentos, os quais constituiriam pontos acima do Limite Superior de Controle (LSC).

Figura 05: Controle Operacional de Abastecimento de Água de Londrina-PR.

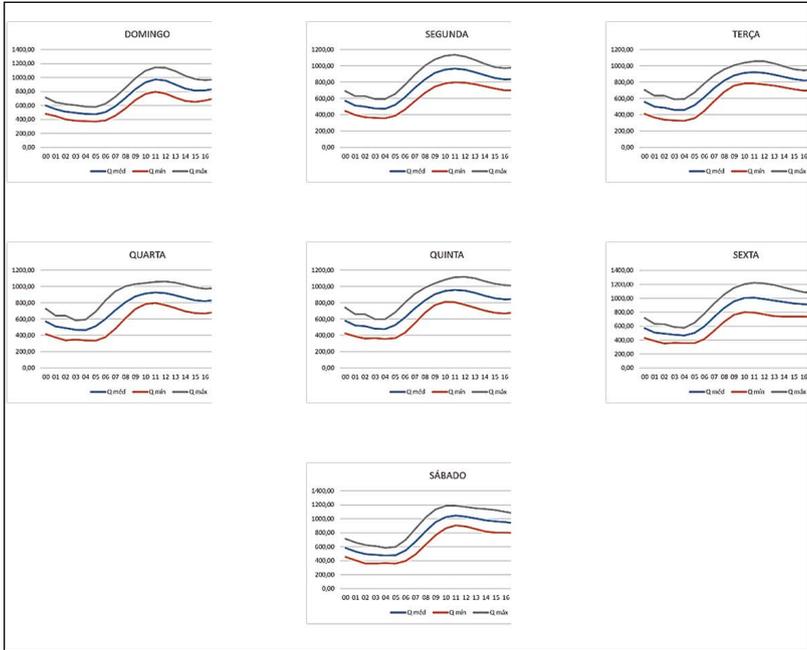


Fonte: Os autores (2020)

Os dados de vazão analisados são provenientes do banco de dados da Central de Controle Operacional (CCO) do SAA de Londrina-PR (Figura 05). Para sua homogeneização, os dados de vazões foram agrupados para cada dia da semana, com a finalidade de realização da análise estatística proposta. Este agrupamento para os dias da semana será necessário, pois reflete comportamentos singulares de demanda, pelas características de sazonalidade de consumo, com periodicidade a cada sete dias. As diferentes conformações gráficas para um mesmo reservatório, para cada dia da semana, estão ilustradas na Figura 06.

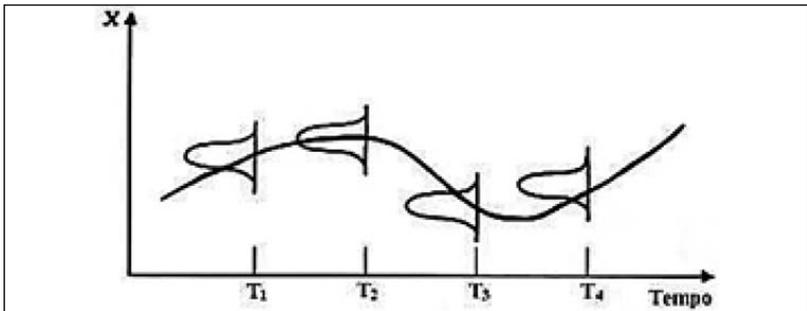
Os processos de demanda horária também são dinâmicos, possuem sazonalidade ao longo do dia e repetem-se em ciclos de 24 horas, devido à natureza do processo de consumo diário de água pela população. As considerações da média horária projetada, com base no histórico de vazões, também variam os limites superiores e inferiores de controle, pois cada horário possui um histórico de média e desvios-padrão. As flutuações da média em função do tempo estão ilustradas na Figura 07.

Figura 06: Gráficos de demandas de abastecimento de água por dia de semana.



Fonte: Os autores (2020)

Figura 07: Flutuações da média em função do tempo.



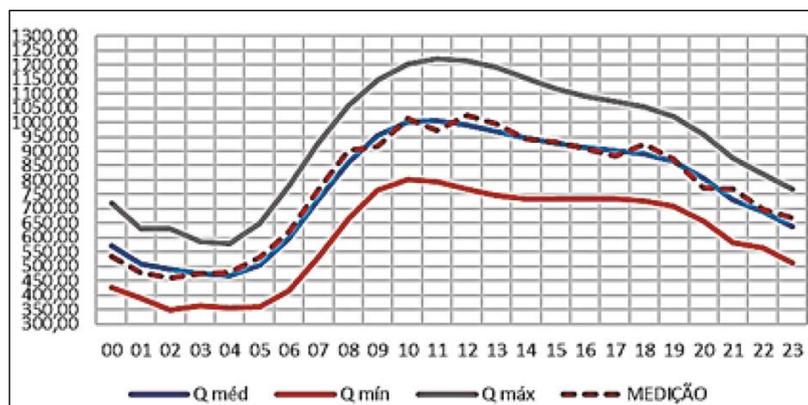
Fonte: Sanepar (2014)

Em concordância à afirmativa de Depexe, Freire e Vianna (2009), o CEP no acompanhamento de produção de água, pode-se

evitar a produção acima da demanda, com conseqüente redução do volume de perdas de água e diminuição do consumo de energia elétrica e produtos químicos utilizados no tratamento da água, de tal modo que se assemelha à filosofia da produção enxuta – *leanproduction*, ou produção sem desperdícios.

A complexidade do SAA de Londrina-PR, quanto às decisões de gestão da produção de água, requer especial atenção voltada às variações de demanda que surgem pelo consumo, por perdas localizadas ou também pelo alto volume de produção diário, que podem alterar o controle do funcionamento de estações em horário de ponta, nas unidades com contrato hora sazonal de energia.

Figura 08: Exemplo de dados coletados no dia 05/07/2019 no Reservatório Santos Dumont.



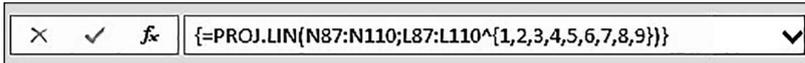
Fonte: Os autores (2020)

A amostragem de dados abrangeu o período de um ano a partir da implantação do novo sistema supervisorio na CCO de Londrina-PR, em fevereiro de 2019. Cada ponto estudado forneceu dados de vazões horárias, que foram analisadas estatisticamente para a obtenção das curvas da Figura 06. As curvas de vazões máximas, médias e mínimas (Figura 08) são determinadas por meio de regressão polinomial de grau 9, cuja expressão geral é dada pela equação 5:

$$Q = A \times \text{hora}^9 + B \times \text{hora}^8 + C \times \text{hora}^7 + \dots + H \times \text{hora}^2 + I \times \text{hora}^1 + J \quad (5)$$

Em que, Q = Vazão (m^3/h); A, B, C, \dots, H, I, J = Coeficientes da equação (adimensionais); *hora* = tempo considerado na fórmula (horas decimais). Os coeficientes de A até J são determinados por técnicas estatísticas computacionais, com auxílio do software Microsoft Excel® e utilização da função PROJ.LIN. Esta função calcula estatísticas e emprega o método de “Quadrados Mínimos”, adaptado para gerar a regressão polinomial de 9º grau, cuja sintaxe da função é demonstrada na Figura 09. A função exemplificada retorna 10 coeficientes de A até J para formação da curva polinomial.

Figura 09: Sintaxe da função PROJ.LIN do software Microsoft Excel®.



Fonte: Os autores (2020)

O Coeficiente de Determinação R^2 é um critério utilizado para ajustes de modelos estatísticos (MONTGOMERY e RUNGER, 2003). A variação numérica do coeficiente R^2 parte de 0 até 1, também expresso em termos percentuais, ou seja, de 0 a 100%. A decisão pelo grau do polinômio de regressão foi circunstanciada pela aproximação numérica mais próxima a 1 (ou 100%), cuja escolha de polinômios, de grau 9, resultou em $R^2 > 0,99$ (ou $R^2 > 99\%$). Com relação aos dados de origem, isto significa que o modelo matemático adotado explica mais de 99% dos dados calculados na regressão. O Coeficiente de Determinação R^2 é definido, simplificadamente, pelo quociente da Variação Explicada (SQReg) pela Variação Total (SQTot), conforme Equação 6:

$$R^2 = \frac{\text{Variação Explicada}}{\text{Variação Total}} = \frac{SQ_{\text{Reg}}}{SQ_{\text{Tot}}} \quad (6)$$

Ainda, para o aprimoramento da previsibilidade da demanda, destaca-se a possibilidade futura de utilização de inteligência artificial com redes neurais artificiais, lógica fuzzy (lógica nebulosa) ou algoritmos genéticos e previsibilidade via modelos causais por regressão múltipla com dados meteorológicos, que serão os próximos passos em trabalhos vindouros. E consecutivamente, motiva-se a ininterrupta preocupação da equipe de trabalho com o esmero profissional sanepariano.

Figura 10: Monitoramento em tempo real na CCO de Londrina-PR.

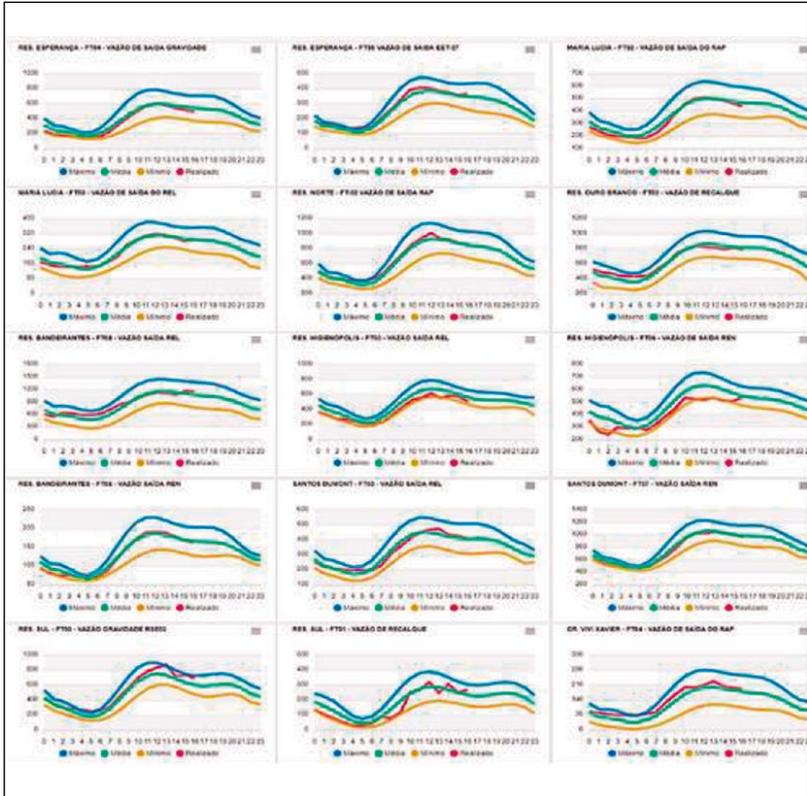


Fonte: Os autores (2020)

Resultados e discussão

Em março de 2020, iniciou-se monitoramento das vazões de saída de 16 reservatórios de distribuição das cidades de Londrina-PR e Cambé-PR: Reservatório Esperança de Cambé Gravidade e Recalque; Reservatório Jardim Maria Lúcia Saída RAP e Saída REL; Reservatório Londrina Norte Saída RAP; Reservatório Ouro Branco Recalque; Reservatório Bandeirantes Saída REL e Saída REN; Reservatório Higienópolis Saída REL e Saída REN; Reservatório Santos Dumont Saída REL e Saída REN; Reservatório Londrina Sul Gravidade e Recalque; Reservatório Conjunto Vivi Xavier Saída RAP e Saída REL.

Figura 11: Tela do monitoramento em tempo real dos reservatórios de Londrina-PR.



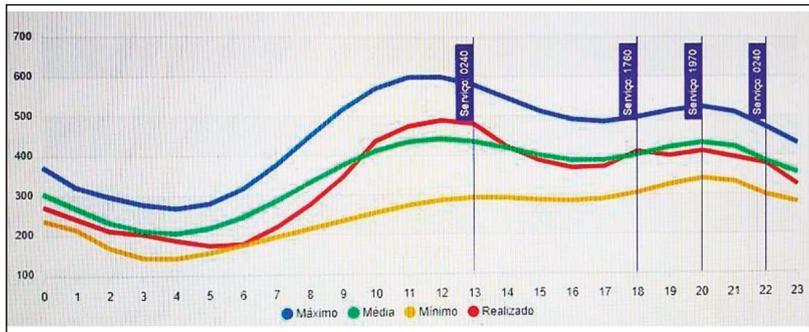
Fonte: Os autores (2020)

A transformação das curvas de controle da Figura 08 em uma fórmula matemática (Equação 5) traz vantagens computacionais relevantes para a apreciação e conferência de dados em aplicações de análises temporais, visto que os valores limitantes poderão ser comparados a qualquer momento, sem a necessidade de aproximações por interpolação, favorece a rápida checagem e julgamento de dados em tempo real, com enfoque ágil, decisões assertivas com autonomia e estímulo à proatividade.

Outra aplicabilidade possível e de grande utilidade será o cruzamento com o banco de dados das manutenções de redes do

Sistema Gerencial de Manutenção (SGM) da Sanepar, nas áreas de estudo e nos horários de ocorrência, os quais subsidiarão as tomadas de decisão sobre a gestão da demanda e atendimento do suprimento de abastecimento de água à população (Figura 12). Esta aplicação encontra-se em fase de implantação, proveniente dos resultados deste estudo.

Figura 12: Exemplo de cruzamento de dados do SGM com o monitoramento de vazões em tempo real (em implantação).



Fonte: Os autores (2020)

Qualquer anormalidade observada pelo operador da CCO, na plotagem em tempo real dos gráficos, propicia rápido diagnóstico de causas pelo próprio operador para investigação da irregularidade de vazões.

Os coeficientes K1 (dia de maior consumo), K2 (hora de maior consumo) e K3 (hora de menor consumo) podem ser calculados instantaneamente e, em eventual constatação de diferenças significativas do histórico de demandas, pode-se imediatamente emitir alertas para análise do gestor, o qual avaliará a aplicabilidade de novos cálculos, baseado no coeficiente Ka para normalização das vazões de abastecimento de água e análise de perdas no sistema.

Após a detecção das anormalidades, pode-se lançar mão de ferramentas e técnicas de gerenciamento de projetos, tais como: brainstorming, 5 por quês, diagramas de causa e efeito, diagramas

de Pareto, curvas ABC, matriz GUT, entre outras já utilizadas na rotina do Ciclo PDCA/PDCL da Sanepar para elaboração de planos de ação baseados em 5W2H, aprimoramento da gestão e análise de riscos e oportunidades. Desta forma, garante-se proatividade e agilidade na correção de irregularidades e promove-se a elevação e consolidação da excelência dos serviços de saneamento ambiental proporcionados à população pela Sanepar.

Considerações finais

A transformação de dados que se estabelecem de uma observação de situação, cujos elementos encontram-se em estado bruto, convertem-se em informações, que são dados dotados de relevância e propósito, quando possuem objetivo de caracterizar, interpretar e explicar um elemento, fato ou circunstância. Especialmente neste estudo, os dados históricos de vazão são transformados em informações importantes para a previsibilidade da demanda de abastecimento de água em curtíssimo prazo ou em tempo real.

Por conseguinte, esta proposta promoverá maior controle e domínio operacional, por parte dos gestores responsáveis dos SAA da Sanepar e outras empresas de saneamento, que se utilizem da metodologia apresentada por meio da formulação matemática indicada, que resultou em um Coeficiente de Determinação R^2 , que explica mais de 99% dos dados calculados pela Regressão Polinomial sugerida neste capítulo.

O cruzamento de dados do SGM, aliados com a simulação hidráulica computacional de redes, compõe exemplos de inúmeras possibilidades de aplicação destes procedimentos, tais como, a visualização de cenários futuros de curtíssimo prazo (tempo real), baseados em técnicas computacionais e decisões finais mais assertivas a serem selecionadas pelo operador humano, que lhes confere autonomia com estímulo à proatividade e enfoque ágil.

Além disso, os processos aqui descritos, constituem subsídios ao primeiro passo para a implantação de decisões baseadas em inteligência artificial e *machinelearning* na Sanepar de Londrina-PR. Ainda, vislumbram-se novos cenários inovadores de

aprimoramento operacional para a instigação e inspiração de novas possibilidades de trabalhos vindouros, que venham a fornecer maior conhecimento sobre a dinâmica da variabilidade de demanda de consumo de água das cidades, com acentuação da visão sistêmica de todos os processos envolvidos.

Desta forma, a proposta metodológica descrita neste capítulo, produz efeitos desejados quanto à previsão de demanda de curtíssimo prazo, por meio de dados históricos estatísticos e de monitoramento em tempo real, os quais amparam e favorecem a promoção do desenvolvimento técnico e aprimoramento da gestão, para a garantia de um porvir sustentável e de excelência dos serviços prestados à toda população atendida pela Sanepar.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12211**: Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água. Rio de Janeiro: ABNT 1992.

DEPEXE, M. D.; FREIRE, F. J. A. ; VIANNA, E. F. Proposta de gráfico de controle com limites flutuantes como ferramenta de auxílio no controle e programação da produção da ETA. In: 25º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2009, Recife. **Anais [...]**. Recife: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2009. p. 1-7.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. **Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

PARANÁ. Agência de Notícias do Paraná. Governo do Estado do Paraná. **Paraná é um dos estados perto da universalização no saneamento**. 2020. Disponível em: <<http://www.aen.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=109828&tit=Parana-e-um-dos-estados-perto-da-universalizacao-no-saneamento>>. Acesso em: 25 nov. 2020.

SACHET, M. A. C. Prognóstico de demanda de água mensal para efeito de planejamento operacional da produção de água. In.: XI SIMPÓSIO

LUSO- BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2004, Natal. **Anais [...]**. Natal: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2004. p. 1-17.

SILVA, C. S. **Previsão Multivariada da Demanda Horária de Água em Sistemas Urbanos de Abastecimento**. 2003. 280 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

SISTEMA NORMATIVO DA SANEPAR. **IT/NEG/0117-002**: Controle Estatístico de Processos. 2 ed. Curitiba: Sanepar, 2014.

TINO, J. K. et al. Proposta de Ferramenta de Diagnóstico de Vazão Através das Análises do Coeficiente K2... In: 29º CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA / FEIRA NACIONAL DE SANEAMENTO E MEIO AMBIENTE, 29., 2017, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Abes, 2017. p. 1-7.,

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004.

VASÍLIO, V. A.; JORGE, L. M. M. Gestão de volumes horários como ferramenta no auxílio a produção otimizada de água potável. In: SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA, 2009, Maringá. **Anais [...]**. Maringá, 2009. p. 1-8.

Capítulo 11

EFICIÊNCIAS ELETROMECÂNICAS E HIDROENERGÉTICAS DE SISTEMAS ELEVATÓRIOS

Priscila Oliveira de Souza Donadello Figueiredo
Kléber Gomes Ramirez

Introdução

No ano de 2018, a Sanepar consumiu 705,6 GWh de energia elétrica, o que representa aproximadamente 16% do total de suas despesas operacionais, ficando atrás somente das despesas com pessoal. Desse consumo energético, 91% estão relacionados ao SAA, 8% ao SES e 1% a outros custos com energia elétrica (SANEPAR, 2018), evidenciando o papel estratégico da promoção de eficiências hidráulica e energética no SAA para o desempenho da empresa. Esse entendimento também é fortalecido quando consideramos o cenário nacional, uma vez que esses sistemas são responsáveis, em média, por aproximadamente 2,4% do consumo final de energia elétrica no Brasil (BALESTIERI e VILANOVA, 2015), sendo as estações elevatórias responsáveis por aproximadamente 90% desse consumo (TSUTIYA, 2005).

São muitas as possíveis medidas de eficiência indicadas pela literatura, por exemplo: a redução das perdas de cargas nas tubulações (TSUTIYA, 2005); o uso de equipamentos de alto rendimento (PERRONI e WENDLAND,

2006); a setorização da rede de distribuição de água, substituição de equipamentos antigos de bombeamento e a automação do SAA (BRAGHIROL; SANTOS; BREGA FILHO, 2011); e a instalação de conversores de frequência nos sistemas de bombeamento (DINIZ et al., 2015). Medidas que induzem reduções de até 15% no volume de água aduzido, 33% nas perdas reais de água e 54% no consumo de energia elétrica do SAA que os detém.

A implementação de tais medidas, entretanto, deve ser precedida por uma avaliação de desempenho, o que reforça a importância de estudos como esse. Para tanto, optou-se pela utilização do método de monitoramento e pré-diagnóstico de baixo custo desenvolvido pelo Programa de Eficiência Energética em Sistemas de Abastecimento de Água (ProEESA)¹, de forma a realizar a avaliação de eficiências eletromecânica e hidroenergética em sistemas elevatórios de água da Sanepar e analisar a viabilidade da adoção do método como ferramenta de monitoramento, pré-diagnóstico e apoio à tomada de decisão na Sanepar.

Indicadores de eficiência em sistemas elevatórios

De acordo com Petterson (1996), define-se eficiência energética o conjunto de ações que objetivam reduzir o consumo de energia elétrica para obtenção de um mesmo resultado, produto ou serviço, sem perda na qualidade.

Nesse sentido, um papel importante é desempenhado pelos programas de eficiência energética. No Brasil, destacam-se o Programa de Eficiência Energética em Saneamento Ambiental (PROCEL-SANEAR), instituído em 2003 pela Centrais Elétricas Brasileiras (Eletrobrás), que atua de forma conjunta com o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA) e o Programa de Modernização do Setor de Saneamento (PMSS).

1 Projeto de Eficiência Energética em Sistemas de Abastecimento de Água foi pactuado entre a Secretaria Nacional de Saneamento do Ministério do Desenvolvimento Regional e o Ministério Federal da Cooperação Econômica e do Desenvolvimento (BMZ) da Alemanha, sendo a parceria executada pela Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável - Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ).

O Programa de Eficiência Energética em Sistemas de Abastecimento de Água (ProEESA), projeto pactuado entre a Secretaria Nacional de Saneamento do Ministério do Desenvolvimento Regional e o Ministério Federal da Cooperação Econômica e do Desenvolvimento (BMZ) da Alemanha, sendo a parceria executada pela Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável – *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit* (GIZ), foi responsável pelo desenvolvimento do método utilizado nesse estudo, tanto por servir de ferramenta de baixo custo e baixo grau de complexidade, quanto por gerar informações de qualidade para avaliar e estimar periodicamente economias em sistemas elevatórios de água (FERREIRA et al., 2017).

Para aferir resultados, tornam-se necessários indicadores de desempenho. Segundo Alegre et al. (2004, p. 4),

Um indicador de desempenho é uma medida quantitativa de um aspecto particular do desempenho da entidade gestora ou do seu nível de serviço. É um instrumento de apoio à monitorização da eficiência e da eficácia da entidade gestora, simplificando uma avaliação que de outro modo seria mais complexa e subjetiva.

Para Figueiredo (2016), indicadores de desempenho permitem a comparação do desempenho entre diferentes empresas, assim como o monitoramento dos resultados das ações de eficiência energética implementadas.

Com base na análise de informações fornecidas pelos prestadores de serviços de água e esgoto no Brasil, o SNIS publica anualmente o Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto, trazendo informações de caráter institucional, administrativo, operacional, gerencial, econômico, financeiro e de qualidade sobre a prestação de serviços de água e de esgotos, o que favorece a elevação os níveis de eficiência e eficácia a partir do aperfeiçoamento da gestão.

Dentre os indicadores operacionais relacionados à água, o índice de consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água (IN058), expresso em kWh/m³, também conhecido

na bibliografia nacional como Consumo Específico de Energia (CE), é o único indicador relacionado à eficiência energética. Esse indicador relaciona a energia consumida com o volume de água bombeado (Equação 1) e, por consequência, avalia a eficiência do conjunto motobomba (BRASIL, 2015).

$$IN058 = CE / V_{\text{bomb}} \quad (1)$$

em que:

CE é o consumo de energia no período de referência (kWh).

V_{bomb} é o volume bombeado no período de referência (m^3).

Esse indicador é útil para verificar a eficiência individual do conjunto motobomba em relação à eficiência hidráulica. No entanto, não é recomendado para efetuar comparações entre sistemas com características topográficas distintas como, por exemplo, sistemas que operem com diferentes desníveis geométricos (DUARTE; ALEGRE; COVAS, 2008).

A *International Water Association* (IWA), na segunda edição do manual *Performance indicators for watersupplyservices*, publicada em 2006, estruturou mais de 170 indicadores de desempenho, de base anual, divididos em seis grupos. Esses grupos são divididos em três níveis, partindo de uma visão global para uma visão mais específica. Do grupo de indicadores de infraestrutura, os seguintes indicadores estão contemplados no subgrupo “bombeamento”:

Ph4 – Utilização da capacidade de bombeamento (%).

Ph5 – Consumo de energia normalizado [$\text{kWh}/(\text{m}^3 \times 100 \text{ m})$].

Ph6 – Consumo de energia reativa (%).

Ph7 – Recuperação de energia (%).

O indicador Ph5, também conhecido na literatura como Consumo Energético Normalizado (CEN), indica a quantidade média de energia necessária para elevar a 100 metros de altura

manométrica a quantidade de 1 metro cúbico de água (Equação 2), e procura solucionar as limitações do indicador CE, possibilitando a comparação entre sistemas com características diferentes.

Como exemplo, o valor de 0,4 kWh/m³ para 100 m corresponde a uma eficiência média de bombeamento de 9810 N x 100 m / (3600 J/Wh) / 400 Wh x 100 = 68% (ALEGRE et al., 2004).

$$Ph5 = CEN = D1 / (V * Hm/100) \quad (2)$$

em que:

D1 é o consumo de energia no período de referência (kWh).

V é o volume bombeado no período de referência (m³).

Hm é a altura manométrica do sistema (m).

É importante destacar que, em termos de qualidade dos serviços de suas entidades gestoras, a Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR), criada em 1997, que publica anualmente o Relatório Anual dos Serviços de Água e Resíduos em Portugal (RASARP), avalia a qualidade em “boa”, “mediana” ou “insatisfatória”, a partir dos resultados obtidos do cálculo do indicador, conforme reportado na Tabela 01.

Tabela 01: Valores de referência do indicador Ph5.

Qualidade do serviço	Valores de referência [kWh/(m ³ x 100 m)]	Eficiência do conjunto (%)
Boa	[0,27; 0,40]	69 - 100
Mediana]0,40; 0,54]	50 - 68
Insatisfatória]0,54; +∞[< 50

Fonte: ERSAR/ LNEC (2013)

Trata-se do mesmo Ph5 (CEN) criado pela IWA que apresenta valores de referência em que, quanto menor o valor de Ph5 (CEN), maior será a eficiência do conjunto e, consequentemente, menor será o respectivo dispêndio com energia elétrica.

Materiais e métodos

O método aplicado foi pautado no cálculo do indicador de rendimento normalizado Ph5, que em alguns estudos é definido como CEN dado em $[kWh/(m^3/100m)]$, ou em (%) de rendimento do conjunto motor-bomba, que compara os valores encontrados com referências de desempenho relativos a bombas e motores. Esta ferramenta tem como objetivo principal o acompanhamento do rendimento das elevatórias utilizando informações existentes e disponíveis.

A aplicação do método foi dividida em três etapas, conforme Figura 01.

Figura 01: Etapas da aplicação do método.



Fonte: Os autores (2020)

A primeira etapa referiu-se ao levantamento das informações relevantes dos sistemas elevatórios de água a serem estudados. Essas informações são os dados de entrada a serem aplicados na Planilha ProEESA-CEN. Segundo o manual de aplicação do método (PROEESA-FERREIRA e OLIVEIRA, 2017), as informações devem ser obtidas para um período mínimo de dois meses, no caso de a aplicação do método ser realizada em elevatórias de companhias de saneamento. Importante destacar que o manual do método apresenta de forma detalhada como devem ser realizados os levantamentos dos dados a serem inseridos na planilha de cálculo (PROEESA-FERREIRA e OLIVEIRA, 2017), motivo pelo qual, esse detalhamento não será apresentado neste estudo.

Na segunda etapa, os dados coletados foram inseridos na Planilha ProEESA-CEN e os resultados do indicador normalizado Ph5 (CEN) dado em $[kWh/(m^3/100m)]$ e do rendimento do conjunto

motor-bomba em (%) foram automaticamente calculados pela ferramenta. Nesta etapa, também é possível continuar o preenchimento da planilha com valores de manutenção/substituição das elevatórias e o rendimento esperado para cada elevatória após a intervenção. Isso possibilitará que a ferramenta apresente uma avaliação da economia mensal (redução energética; redução de emissão de gases-estufa; e potencial de economia em termos monetários) e do retorno dos investimentos.

Por fim, na terceira etapa da aplicação do método foi realizada a análise dos resultados, a fim de verificar a confiabilidade das informações e a necessidade de obter melhor coleta de dados e retorno à segunda etapa.

Desempenhos

As estações elevatórias escolhidas para aplicação do método fazem parte do SA de Foz do Iguaçu-PR. Os dados coletados (cadastrais e operacionais) solicitados pela planilha de cálculo foram preenchidos conforme apresentados nas Tabelas 02, 03 e 04.

Os dados cadastrais das bombas com motores externos foram retirados das plaquetas das bombas e motores. Já, para as submersas, por meio da consulta ao SMI - Sistema de Manutenção, da Sanepar.

Os volumes de água elevada foram medidos por macromedidores eletromagnéticos de vazão e os dados foram obtidos do SCI – Sistema Corporativo de Gestão Industrial, da Sanepar. Já, a energia elétrica consumida foi retirada das faturas de energia. Os dados coletados foram tratados de forma que os valores como energia e vazão correspondessem ao mesmo período de análise. Também foram realizadas estimativas dos consumos de energia elétrica, por conjunto motor-bomba, quando existiam mais de uma, por unidade consumidora de energia. A altura manométrica foi retirada da plaqueta das bombas, ou seja, o valor não foi medido com manômetros.

Tabela 02: Dados Cadastrais das elevatórias do SAA de Foz do Iguaçu – PR.

Cidade	Estação elevatória	Período de análise - mín 2 [meses]	Período de análise [mm/aaaa]	Tipo de motor	Qtde. bombas em operação simultânea	Potência de cada motor [kW]
Foz do Iguaçu	EET-01	12	01/2019 a 12/2019	externo	2	147
Foz do Iguaçu	EET-02	12	01/2019 a 12/2019	externo	1	9,2
Foz do Iguaçu	EET-09	12	01/2019 a 12/2019	submerso	1	36,8
Foz do Iguaçu	EET-05	12	01/2019 a 12/2019	externo	2	91,875
Foz do Iguaçu	EET-07	12	01/2019 a 12/2019	externo	2	55,125
Foz do Iguaçu	EET-08	12	01/2019 a 12/2019	externo	2	55,125
Foz do Iguaçu	EET-03	12	01/2019 a 12/2019	externo	2	73,5
Foz do Iguaçu	EET-10	12	01/2019 a 12/2019	submerso	2	7,35
Foz do Iguaçu	EET-11	12	01/2019 a 12/2019	externo	2	147
Foz do Iguaçu	EET-16	12	01/2019 a 12/2019	externo	1	38,22
Foz do Iguaçu	EET-18	12	01/2019 a 12/2019	submerso	2	18,375
Foz do Iguaçu	EET-20	12	01/2019 a 12/2019	submerso	2	22,05
Foz do Iguaçu	EET-21	12	01/2019 a 12/2019	submerso	2	25,725
Foz do Iguaçu	EET-23	5	07/2019 a 12/2019	externo	1	11,025
Foz do Iguaçu	EET-24	12	01/2019 a 12/2019	externo	3	8,82
Foz do Iguaçu	EET-27	11	01/2019 a 11/2019	externo	1	1,47
Foz do Iguaçu	EEB-03	5	01/2018 a 06/2018	externo	2	55,125

Fonte: Os autores (2020)

Tabela 03: Dados operacionais – água e altura manométrica.

Cidade	Estação elevatória	Volume elevado no período [m³]	Origem dos dados de volume	Erro relativo ao volume [±%]	Altura manométrica média [m]	Origem dos dados de altura manométrica	Erro relativo à altura manométrica [±%]
Foz do Iguaçu	EET-01	6.489.736	macromedidor	5	74,0	placa da bomba	0,0
Foz do Iguaçu	EET-02	163.563	macromedidor	5	42,3	placa da bomba	0,0
Foz do Iguaçu	EET-09	994.652	macromedidor	5	85,0	placa da bomba	0,0
Foz do Iguaçu	EET-05	5.800.739	macromedidor	5	45,0	placa da bomba	0,0
Foz do Iguaçu	EET-07	2.123.973	macromedidor	5	29,0	placa da bomba	0,0
Foz do Iguaçu	EET-08	6.195.229	macromedidor	5	15,0	placa da bomba	0,0
Foz do Iguaçu	EET-03	2.701.377	macromedidor	5	49,0	placa da bomba	0,0
Foz do Iguaçu	EET-10	676.096	macromedidor	5	32,0	placa da bomba	0,0
Foz do Iguaçu	EET-11	17.046.959	macromedidor	5	33,0	placa da bomba	0,0
Foz do Iguaçu	EET-16	2.259.466	macromedidor	5	13,0	placa da bomba	0,0
Foz do Iguaçu	EET-18	884.627	macromedidor	5	28,0	placa da bomba	0,0
Foz do Iguaçu	EET-20	1.971.943	macromedidor	5	30,0	placa da bomba	0,0
Foz do Iguaçu	EET-21	1.620.403	macromedidor	5	45,0	placa da bomba	0,0
Foz do Iguaçu	EET-23	99.200	macromedidor	5	13,0	placa da bomba	0,0
Foz do Iguaçu	EET-24	1.694.226	macromedidor	5	17,0	placa da bomba	0,0
Foz do Iguaçu	EET-27	59.403	macromedidor	5	25,0	placa da bomba	0,0
Foz do Iguaçu	EEB-03	3.343.326	macromedidor	5	18,0	placa da bomba	0,0

Fonte: Os autores (2020)

Tabela 04: Dados operacionais – Energia Elétrica.

Dados Base		Energia Elétrica			
Cidade	Estação elevatória	Energia elétrica consumida no período [kWh]	Origem dos dados de energia elétrica	Erro relativo à energia elétrica [±%]	Tarifa média de energia (apenas consumo) [R\$/kWh]
Foz do Iguaçu	EET-01	1.818.900	medidor compartilhado	10,00	0,557
Foz do Iguaçu	EET-02	79.488	medidor compartilhado	10,00	0,557
Foz do Iguaçu	EET-09	317.952	medidor compartilhado	10,00	0,557
Foz do Iguaçu	EET-05	1.238.328	medidor compartilhado	5,00	0,520
Foz do Iguaçu	EET-07	476.280	medidor compartilhado	5,00	0,520
Foz do Iguaçu	EET-08	405.830	medidor compartilhado	5,00	0,520
Foz do Iguaçu	EET-03	489.579	medidor exclusivo	0,00	0,572
Foz do Iguaçu	EET-10	99.463	medidor compartilhado	6,00	0,540
Foz do Iguaçu	EET-11	2.264.976	medidor compartilhado	6,00	0,540
Foz do Iguaçu	EET-16	203.636	medidor compartilhado	6,00	0,540
Foz do Iguaçu	EET-18	232.064	medidor exclusivo	0,00	0,490
Foz do Iguaçu	EET-20	271.797	medidor compartilhado	10,00	0,553
Foz do Iguaçu	EET-21	324.720	medidor compartilhado	21,00	0,553
Foz do Iguaçu	EET-23	7.443	medidor exclusivo	0,00	0,695
Foz do Iguaçu	EET-24	178.024	medidor exclusivo	0,00	0,686
Foz do Iguaçu	EET-27	7.766	medidor exclusivo	0,00	0,686
Foz do Iguaçu	EEB-03	242.944	medidor exclusivo	0,00	0,559

Fonte: Os autores (2020)

O erro relativo ao volume é atribuído ao fabricante do medidor. O relativo à energia foi considerado zero quando o medidor era exclusivo e, quando era compartilhado, estimado por meio do tempo de operação e potência de cada bomba. Já, para a altura manométrica, foi considerado zero, uma vez que a informação foi retirada da plaqueta das bombas.

A ferramenta compara os resultados dos rendimentos, dado a partir do cálculo do indicador Ph5 (CEN), com valores de referência que apresentam rendimentos esperados para cada tipo de motor (externo ou submerso) e faixa de potência, bem como classifica a medida recomendável de efficientização, conforme apresentado no Quadro 01.

Quadro 01: Valores esperados de rendimento e classificação da medida recomendável.

Tipo de motor	Externo				Submerso				Medida recomendável
	0	16	38	96	0	16	38	96	
Valor sem credibilidade	0	0	0	0	0	0	0	0	Refazer coleta de dados
Desempenho insuficiente e baixa confiabilidade	16	16	16	16	16	16	16	16	Provável necessidade de manutenção, mas antes rever coleta de dados
Desempenho insuficiente	25	25	25	25	25	25	25	25	Realizar manutenção
Desempenho mediano	52	56	60	64	35	47	57	59	Agendar manutenção
Bom desempenho	64	68	72	72	50	57	62	63	OK
Bom desempenho, mas baixa confiabilidade	83	87	91	91	55	62	67	68	Provavelmente OK, mas rever coleta de dados
Valor sem credibilidade	120	125	131	131	79	89	96	98	Refazer coleta de dados

Fonte: PROEESA (2017)

Por fim, os resultados encontrados para as elevatórias do SAA de Foz do Iguaçu-PR foram as apresentadas na Tabela 05:

Tabela 05: Valores calculados das eficiências e classificação da situação das elevatórias do SAA de Foz do Iguaçu.

Dados Base		Cálculo da Eficiência Atual			Avaliação da Situação Atual	
Cidade	Estação elevatória	Fator de uniformização [m³x100m]	Ph5 [kWh/(m³x100m)]	Rendimento [%]	Desempenho da estação elevatória	Medida recomendável
Foz do Iguaçu	EET-01	4.802.404,6	0,379	71,9 ± 9	Desempenho mediano	Agendar manutenção
Foz do Iguaçu	EET-02	69.187,1	1,149	23,7 ± 3	Desempenho insuficiente e baixa confiabilidade	Provável necessidade de manutenção, mas antes rever coleta de dados
Foz do Iguaçu	EET-09	845.454,2	0,376	72,5 ± 9	x'x'	OK
Foz do Iguaçu	EET-05	2.610.332,6	0,474	57,4 ± 5	Desempenho insuficiente	Realizar manutenção
Foz do Iguaçu	EET-07	615.952,2	0,773	35,2 ± 3	Desempenho insuficiente	Realizar manutenção
Foz do Iguaçu	EET-08	929.284,4	0,437	62,4 ± 5	Desempenho mediano	Agendar manutenção
Foz do Iguaçu	EET-03	1.323.674,7	0,370	73,7 ± 4	Bom desempenho	OK
Foz do Iguaçu	EET-10	216.350,7	0,460	59,3 ± 5	Desempenho mediano	Agendar manutenção
Foz do Iguaçu	EET-11	5.625.496,5	0,403	67,7 ± 6	Desempenho mediano	Agendar manutenção
Foz do Iguaçu	EET-16	293.730,6	0,693	39,3 ± 4	Desempenho insuficiente	Realizar manutenção
Foz do Iguaçu	EET-18	247.695,6	0,937	29,1 ± 2	Desempenho insuficiente	Realizar manutenção
Foz do Iguaçu	EET-20	591.582,9	0,459	59,3 ± 7	Desempenho mediano	Agendar manutenção
Foz do Iguaçu	EET-21	729.181,4	0,445	61,2 ± 14	Desempenho mediano	Agendar manutenção
Foz do Iguaçu	EET-23	12.896,0	0,577	47,2 ± 3	Desempenho insuficiente	Realizar manutenção
Foz do Iguaçu	EET-24	288.018,4	0,618	44,1 ± 3	Desempenho insuficiente	Realizar manutenção

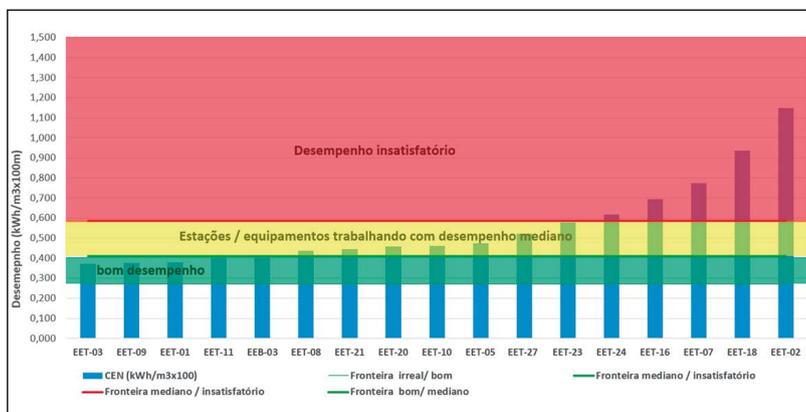
(Tabela 05 – cont.)

(Tabela 05 – cont.)

Dados Base		Cálculo da Eficiência Atual			Avaliação da Situação Atual	
Cidade	Estação elevatória	Fator de uniformização [m ³ x100m]	Ph5 [kWh/(m ³ x100m)]	Rendimento [%]	Desempenho da estação elevatória	Medida recomendável
Foz do Iguaçu	EET-27	14.850,8	0,523	52,1 ± 3	Desempenho mediano	Agendar manutenção
Foz do Iguaçu	EEB-03	601.798,7	0,404	67,5 ± 4	Desempenho mediano	Agendar manutenção

Fonte: Os autores (2020)

Gráfico 01: Avaliação genérica do desempenho hidroenergético.



Fonte: Os autores (2020)

Das 17 elevatórias estudadas, duas apresentaram bom desempenho, oito apresentaram desempenho mediano, sete apresentaram desempenho insuficiente, sendo que uma delas, a EET-02, não apresentou boa confiabilidade no resultado, implicando, como medida recomendável, a revisão da coleta de dados. Algumas elevatórias classificadas como de desempenho mediano apresentaram rendimentos bastante satisfatórios, próximos às classificadas como de bom desempenho, como podemos verificar a partir da avaliação do Gráfico 01.

Neste sentido, destacam-se a EET-01, EET-11 e EEB-03 que, apesar de terem tido classificações na ferramenta como de rendimento mediano, quando se faz uma avaliação do indicador Ph5 (CEN), estão muito próximos à classificação de bons rendimentos, já que apresentaram resultados do Ph5 (CEN) entre 0,275 e 0,4 kWh/m³ x 100 m, conforme registrado na revisão dos estudos.

Atualmente, a Sanepar utiliza, para avaliar a eficiência hidroenergética de seus sistemas de abastecimento de água, o indicador “EFICÁCIA NO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA-ÁGUA”, dado em kWh/m³, o mesmo CE apresentado anteriormente. Para o SAA de Foz do Iguaçu-PR, a meta até dezembro de 2019, desse indicador, era consumir até 0,50 kWh faturado por m³ de água produzida. Esse indicador tem a limitação de não permitir a comparação entre sistemas elevatórios com diferentes desníveis geométricos. Além disso, não apresenta de forma eficaz o desempenho da elevatória, como pode ser evidenciado no exemplo hipotético apresentado na Figura 02. No exemplo, para todas as elevatórias o valor do indicador CE é de 0,5 kWh/m³. Se fossem elevatórias do SAA de Foz do Iguaçu-PR, todas teriam atendido a meta estabelecida. Entretanto, quando avaliamos o indicador normalizado, quando entra a altura manométrica na equação, as elevatórias possuem desempenhos diferentes umas das outras, com rendimentos ineficientes, medianos, eficiente e irreais, isto quando o rendimento supera os valores teóricos.

Figura 02: Comparativo entre CE (kWh/m³) e CEN (kWh/m³* 100m).

	(a)	(b)	(c)	(d) = (a)(c) / 100	e = (b)/(d)	0,2725(e)	
Bomba ou instalação com bombas	Volume elevado (m ³)	Energia consumida (kWh)	Altura manométrica (m)	Fator de uniformização (m ³ /100m)	Eficiência energética (kWh/m ³ *100m)	Eficiência energética (%)	Avaliação
1	500	250	70	350	0,714	38%	Operação ineficiente
2	500	250	100	500	0,500	55%	Operação com eficiência média
3	500	250	140	700	0,357	76%	Operação eficiente
4	500	250	220	1.100	0,227	120%	Valor impossível - eficiente demais - Supera os valores teóricos de rendimento bomba-motor

$\eta = \frac{0,2725}{CEN}$

constante variável
 0,5 kWh/m³

Fonte: PROESA, 2017.

Tabela 06: Valores calculados das economias mensais e avaliação do investimento.

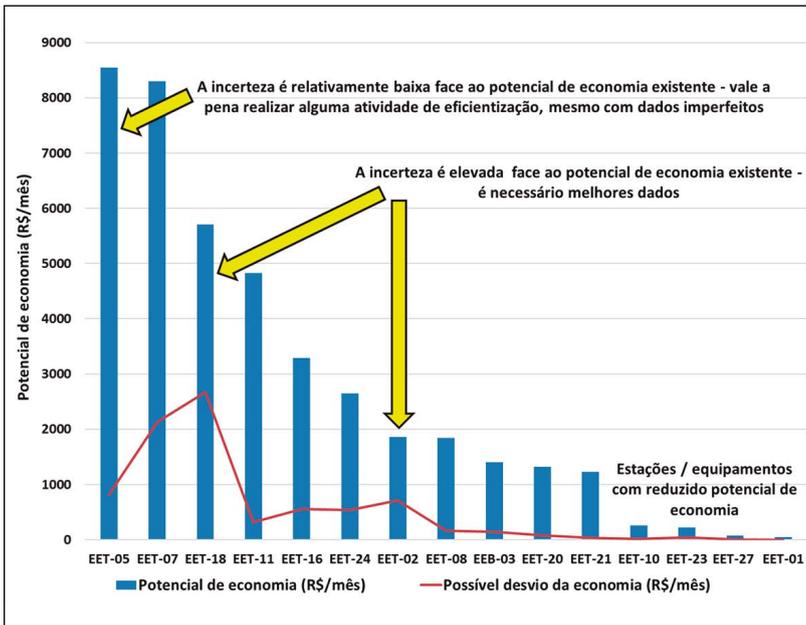
Dados Base		Economia Mensal				Avaliação do Investimento							
Cidade	Estação elevatória	Custo total da intervenção (R\$)	Rendimento esperado após a intervenção (%)	Potencial de redução energética (kWh/mês)	Potencial de redução nas emissões de gases-estufa (kgCO ₂ /mês)	Potencial de economia (R\$/mês)	Payback [meses]	Payback máximo [meses]	Payback mínimo [meses]	Desvio padrão [meses]	Confiança	Classificação do Payback	Estratégia recomendável
FOZ DE IGUAÇU	EET-01	50.000	72	110	151	61 ± 0	814	814	814	0,00	0%	★ ★ ★	O retorno do investimento é lento
	EET-02	20.000	64	4.169	5.712	2.322 ± 880	9	6	14	4,08	47%	★	A intervenção é vantajosa, porém uma análise mais detalhada é recomendável
	EET-09		68									-	Não é necessária intervenção
	EET-05	450.000	72	20.866	28.866	10.859 ± 1.020	41	38	46	3,95	10%	★ ★ ★	O retorno do investimento é lento
	EET-07	40.000	72	20.263	27.761	10.537 ± 2.710	4	3	5	1,08	28%	★ ★	A intervenção é vantajosa, porém uma análise mais detalhada é recomendável
	EET-08	150.000	72	4.810	6.179	2.345 ± 200	64	59	70	5,51	9%	★ ★ ★	O retorno do investimento é lento
	EET-03		72									-	Não é necessária intervenção
	EET-10	300.000	64	612	839	331 ± 30	908	832	998	83,41	9%	★ ★ ★	O retorno do investimento é lento
	EET-11	300.000	72	11.323	15.813	6.115 ± 410	49	46	53	3,31	7%	★ ★ ★	O retorno do investimento é lento
	EET-16	200.000	72	7.706	10.557	4.161 ± 720	48	41	58	5,70	18%	★ ★ ★	O retorno do investimento é lento
	EET-18	250.000	68	11.067	15.162	5.423 ± 2.540	46	31	87	30,55	66%	★	O retorno do investimento é lento, porém uma análise mais detalhada é recomendável
	EET-20	180.000	68	2.894	3.965	1.800 ± 100	112	106	120	7,07	6%	★ ★ ★	O retorno do investimento é lento
	EET-21	200.000	68	2.709	3.712	1.498 ± 40	133	130	137	3,57	3%	★ ★ ★	O retorno do investimento é lento
	EET-23	15.000	64	390	535	271 ± 50	55	47	68	10,72	19%	★ ★ ★	O retorno do investimento é lento
EET-24	150.000	64	4.616	6.324	3.167 ± 650	47	39	60	10,36	22%	★ ★	O retorno do investimento é lento, porém uma análise mais detalhada é recomendável	
EET-27	15.000	64	131	180	90 ± 10	167	150	188	18,87	11%	★ ★ ★	O retorno do investimento é lento	
EEB-03	600.000	72	3.036	4.169	1.697 ± 170	354	321	393	35,95	16%	★ ★ ★	O retorno do investimento é lento	

Fonte: Os autores (2020)

Na sequência, foram calculados os potenciais de economia mensal e a avaliação do investimento por meio do cálculo de *payback*, a partir de uma estimativa do custo total da intervenção em cada uma das elevatórias do SAA de Foz do Iguaçu-PR, conforme apresentado na Tabela 06.

A avaliação dos resultados apresentados na Tabela 06 são melhores observados quando organizados nos Gráficos 02 e 03:

Gráfico 02: Potencial de Economia Mensal em cada estação elevatória.

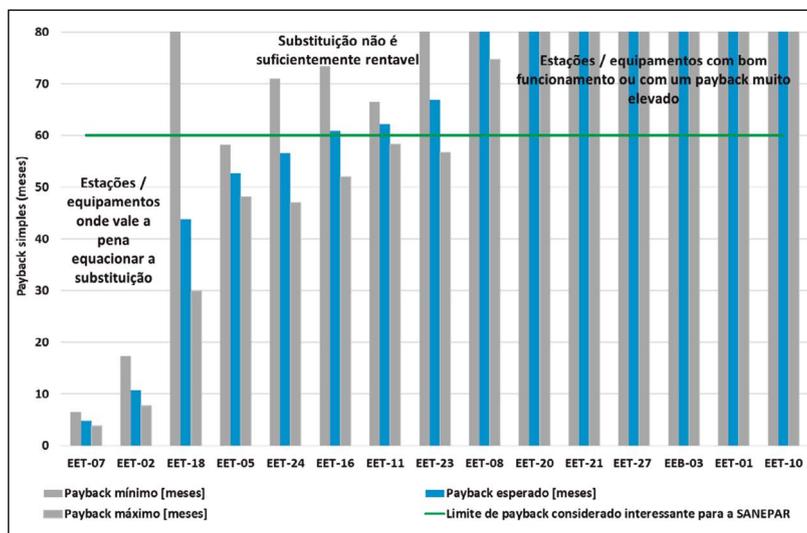


Fonte: Os autores (2020)

A partir do Gráfico 02, é possível ilustrar os potenciais de economia mensal, em termos monetários, por estação elevatória. Evidencia em quais elevatórias, mesmo com dados de entrada não tão precisos, seria mais viável o investimento em alguma ação de eficiência, uma vez que o valor de economia é interessante e um possível desvio é baixo. Quando o desvio é elevado,

a incerteza de que o investimento vale a pena é alta e uma coleta de dados mais refinada deve ser considerada para qualquer tomada de decisão.

Gráfico 03: *Payback* simples de medidas de eficiência.



Fonte: Os autores (2020)

O Gráfico 03 ilustra os resultados dos *paybacks* simples das medidas de eficiência. Definiu-se como um *payback* interessante para a Sanepar o limite de 48 meses (4 anos). Nesse prazo, sete elevatórias ficaram muito próximas desta faixa. Entretanto, devem-se olhar com cautela os resultados para EET-18, uma vez que o *payback* mínimo foi da ordem de 80 meses, não tornando a substituição suficientemente rentável, bem como, para a EET-02 que teve uma classificação do *payback* de apenas uma estrela, ou seja, a incerteza é alta.

Interessante destacar que as elevatórias apresentadas como as mais vantajosas para substituição (comparando em termos de economia mensal e de *payback*) não são as mesmas para os dois gráficos. Diante disso, uma análise criteriosa dos resultados, principalmente das incertezas, deve ser realizada antes de

qualquer intervenção, principalmente se o investimento inicial for elevado.

Considerações finais

O presente estudo realiza uma avaliação das eficiências eletromecânicas e hidroenergéticas de estações elevatórias do SAA de Foz do Iguaçu-PR, com base no cálculo do indicador de rendimento normalizado, em $[\text{kWh}/(\text{m}^3 \times 100 \text{ m})]$, ou em (%) de rendimento do conjunto motor-bomba que comparou os rendimentos diagnosticados com valores de referência relativos a bombas e motores.

A aplicação do método foi de baixo custo e de fácil entendimento. As informações obtidas avaliaram o desempenho e direcionaram esforços de manutenção e priorização de intervenções com base em cenários econômicos. Além disso, o cálculo pode ser complementado com auditorias em campo para fundamentar investimentos mais significativos.

Nesse sentido, para as elevatórias do SAA de Foz Iguaçu-PR, após a avaliação em relação aos desempenhos hidroenergéticos (satisfatório, mediano e insatisfatório), da priorização visando a manutenção preventiva com base no potencial de economia mensal (R\$/mês) e (kWh/mês) e com base no *payback* simples (meses), sugere-se que sejam realizadas auditorias em campo para a EET-05, EET-07, EET-11 e EET-16 que possuem um potencial interessante em termos de desempenho e de retorno financeiro para Sanepar.

Por fim, é importante destacar que o uso da ferramenta permite monitorar e avaliar com mais celeridade os desempenhos insuficientes das estações elevatórias. Nesse sentido, o uso da ferramenta pelas companhias de saneamento pode ser uma alternativa para avaliar, com mais eficácia, os desempenhos de seus sistemas.

Referências

ALEGRE, H., et al. **Indicadores de desempenho para serviços de abastecimento de água: versão portuguesa de Performance Indicators for WaterSupply Services**. Trad. Patrícia Duarte, Helena Alegre, Jaime Melo Baptista. Londres: IWA/ IRAR/ LNEC. 2004.

BALESTIERI, J. A. P., VILANOVA, M. R. N. Exploring de water-energy nexus in Brasil: The electricity use for water supple. **Revista Energy**, n. 85, Abril 2015. p. 415-432.

BRAGHIROLI, M. A., SANTOS, M. B. dos, BREGA FILHO, D. Estação Elevatória de Água de Santana: um caso de sucesso na redução de perdas e consumo de energia no setor de saneamento. **3ª International Workshop Advances in Cleaner Production**. São Paulo. 2011. p. 01-10.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2015** – Ano base 2014: Relatório síntese. Rio de Janeiro: EPE, 2015.

DINIZ, A. M. F., et al. Dynamic modeling and simulation of water supply system with applications for improving energy efficiency. **Energy Efficiency**, v. 8, 2015. p. 417-432.

DUARTE, P., ALEGRE, H., COVAS, D. I. C. Avaliação do desempenho energético em sistemas de abastecimento de água. VIII SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO. Lisboa – Portugal. 2008. p. 1-17.

ENTIDADE REGULADORA DOS SERVIÇOS DE ÁGUAS E RESÍDUOS – ERSAR. Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC). **Guia de avaliação dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores** – 2ª geração do sistema de avaliação. 2ª ed. Lisboa, 2013.

FERREIRA, R. C., et al. XII-013 - Método para monitoramento e pré-diagnóstico das eficiências eletromecânicas e hidroenergética de sistemas elevatórios de água. **Congresso ABES**, 2017. p. 01-11.

FIGUEIREDO, P. O. de S. D. **Estruturação de método para avaliação de desempenho energético de estações elevatórias de sistemas de abastecimento de água**. 2016. 127f. Dissertação (Mestrado em

Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, 2016.

PERRONI, J. C. A., WENDLAND, E. Avaliação da Eficiência Energética em Poços Profundos Utilizados para Abastecimento Público. **BBRH** – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, volume 11, n.3. Jul/Set 2006. p. 123-134.

PETTERSON, M. G. What is energy efficiency? Concepts, indicators and methodological issues. **Energy Policy**, v. 24, no. 5, 1996, p. 377-390.

PROEESA - FERREIRA, R. C.; OLIVEIRA, A. L. **Manual de cálculo do consumo energético normalizado e do potencial de economia em instalações de bombeamento**. Brasília: AkutUmweltschutzIngenieureBurkardUndPartner, 2017.

SANEPAR. (Org.). **Relatório da Administração e de Sustentabilidade 2018**. Disponível em: <<http://sis.sanepar.com.br/downloads/RELAT%C3%93RIOS%20ANUAIS%20DE%20ADMINISTRA%C3%87%C3%83O%20-%20SANEPAR/2018%20-%20Relat%C3%B3rio%20Anual.pdf>>. Acesso em: 28 out. 2019.

TSUTIYA, M. T. **Redução do custo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água**. São Paulo: ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2005.

Capítulo 12

AVALIAÇÃO DO IMPACTO DAS PERDAS DE ÁGUA: REDUÇÃO DA PRESSÃO NA REDE

Paola Dotto Dall'Oglio
Felipe de Jezus

Introdução

Para Sousa (2017), uma das palavras mais utilizadas nos últimos anos, nos mais variados contextos, é sustentabilidade. E, em um mundo onde se discute cada vez mais sobre a escassez de recursos naturais, as perdas de água em um sistema de distribuição podem ter lugar de importância para as empresas de saneamento, sejam elas públicas, sejam privadas.

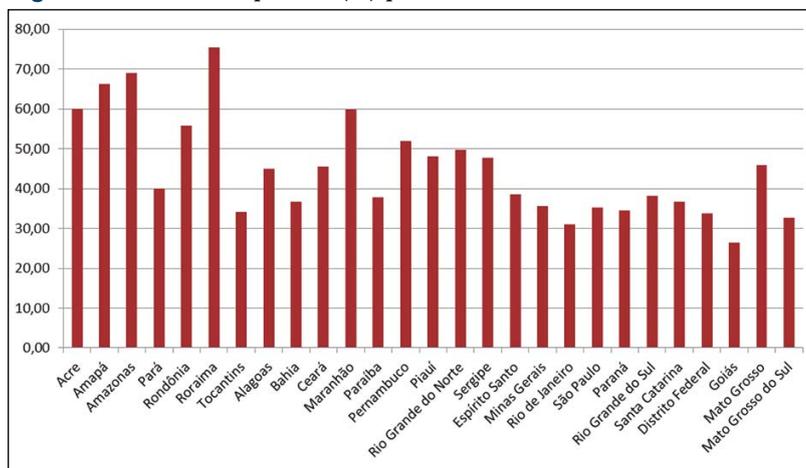
A importância do tema levou a ONU a discutir a escassez da água nos oito Fóruns Mundiais da Água, tendo seu último evento ocorrido em 2018, em Brasília. Dentre as propostas do Fórum, estava a elaboração de uma Declaração de Sustentabilidade (ONU, 2018) que reforça o compromisso das nações para a preservação dos recursos hídricos.

No Brasil, os volumes de desperdício de água tratada são gigantescos (CARLOS, 2017). De acordo com Tardelli Filho (2016), a “expansão (dos sistemas) ainda em curso pode ser uma explicação de por que se dá menos importância às atividades de operação e manutenção” (p. 6) em detrimento à implantação destas infraestruturas, elevando os índices de perdas. Por essa razão, pode-se entender que,

quanto melhor um sistema de distribuição é operado e controlado, menores são as perdas.

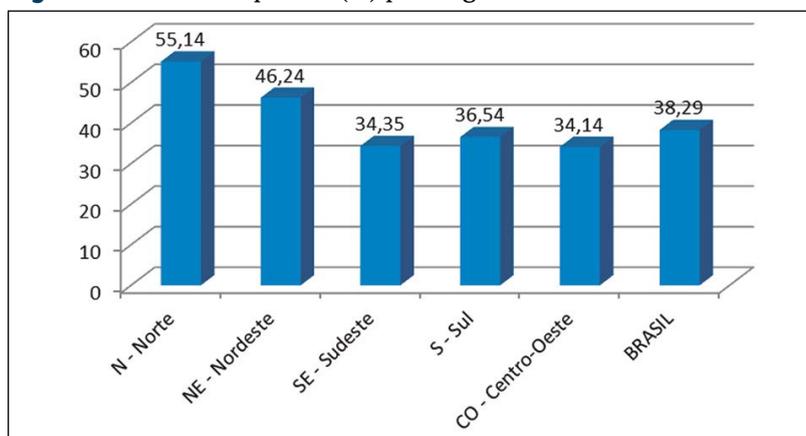
De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), em 2017 os índices de perdas por estado e região do país são os seguintes:

Figura 01: Índice de perdas (%) por Estado brasileiro.



Fonte: SNIS (2017)

Figura 02: Índice de perdas (%) por Região e total do Brasil.



Fonte: SNIS (2018)

As Figuras 01 e 02 apresentam índices de perdas semelhantes entre as regiões do país, exceto por alguns estados das regiões norte e nordeste, onde passam dos 50%.

As perdas de água nos sistemas de distribuição podem ser entendidas, basicamente, como a diferença entre o volume produzido ou disponibilizado de água e o volume vendido ou micromedido nas ligações dos clientes finais. Essa definição é comumente utilizada pelas companhias de saneamento para cálculo dos seus índices e também é assim considerado pela Sanepar (SANEPAR, 2020).

Com a finalidade de melhorar a compreensão acerca das parcelas que contribuem às perdas, a IWA *International Water Association* (IWA) propôs uma classificação para padronizá-las e auxiliar na elaboração de planos de ação mais assertivos:

Quadro 01: Balanço hídrico proposto pela IWA.

VOLUME PRODUZIDO OU DISPONIBILIZADO	CONSUMOS AUTORIZADOS	Consumos Autorizados Faturados	Consumos medidos faturados (inclui água exportada)	ÁGUAS FATURADAS
			Consumos não medidos faturados (estimados)	
		Consumos Autorizados Não Faturados	Consumos medidos não faturados (usos próprios, caminhões-pipa)	ÁGUAS NÃO FATURADAS
			Consumos não medidos não faturados (combate a incêndios, suprimento de água em áreas irregulares)	
	PERDAS	Perdas Aparentes (Comerciais)	Consumos não autorizados (fraudes)	
			Falhas do sistema comercial	
			Submedição dos hidrômetros	
		Perdas Reais (Físicas)	Vazamentos nas adutoras e redes de distribuição	
			Vazamentos nos ramais prediais	
			Vazamentos e extravasamentos nos reservatórios setoriais e aquedutos	

Fonte: IWA (2000) com adaptações dos autores

Conforme o Quadro 01, pode-se perceber que as perdas não estão relacionadas somente a vazamentos, mas a uma série de fatores, tais como consumos para combate a incêndios, fraudes, falhas dos instrumentos de medição que podem variar de sistema para sistema.

Na Sanepar, em nível corporativo, houve, em 2018, um estudo, realizado pela área de Desenvolvimento Operacional e, com base em dados do ano de 2017, para determinar as parcelas de perdas. Para o sistema de Cascavel-PR, a distribuição ficou conforme os valores indicados no Quadro 02:

Quadro 02 : Distribuição das perdas no sistema de Cascavel-PR.

VOLUME PRODUZIDO OU DISPONIBILIZADO (100%)	CONSUMOS AUTORIZADOS	Consumos autorizados faturados	Consumos medidos faturados (inclui água exportada) (67,15%)	ÁGUAS FATURADAS
		Consumos autorizados não faturados	Consumos não medidos não faturados (usos próprios, caminhões-pipa, combate a incêndios, suprimento de água em áreas irregulares) (0,13%)	ÁGUAS NÃO FATURADAS
	PERDAS	Perdas Aparentes (Comerciais)	Consumos não autorizados (fraudes) (0,43%)	
			Submedição dos hidrômetros (7,43%)	
		Perdas Reais (Físicas)	Vazamentos nas adutoras e redes de distribuição e ramais prediais (24,86%)	

Fonte: Sanepar (2017)

Portanto, para o modelo proposto, a maior parcela de perdas no sistema de Cascavel são os vazamentos em redes e ramais de distribuição, contribuindo com aproximadamente 25% do total do volume de perdas.

Segundo Tardelli Filho (2016), o gerenciamento das pressões de trabalho nas redes e ramais é uma das ações básicas para o combate às perdas, que pode ser realizada com o uso de válvulas redutoras de pressão nos pontos mais baixos da rede. Assim, o objetivo deste capítulo, é avaliar o impacto da implantação de válvula redutora de pressão para redução das perdas em um sistema de distribuição de água.

Perdas no sistema de abastecimento

É senso comum, nas empresas de saneamento, considerar as perdas de água como sendo a diferença entre o volume de água disponibilizado para o sistema e o volume “comprado” pelos consumidores, que é o volume micromedido.

Na Sanepar, de acordo com o Sistema Normativo Sanepar (SNS), são dois os indicadores utilizados para acompanhamento do índice de perdas: Índice de Perdas por Ligação (IPL), expresso em L/ligação*dia e Perdas no Sistema Distribuidor (PSD), dado em % (porcentagem).

O primeiro leva em consideração o número de ligações do local analisado, e o segundo é uma razão entre o volume produzido e o volume micromedido. São dados pelas fórmulas:

$$\text{IPL} = \frac{(\text{Vol produzido}) - (\text{Vol micromedido})}{(\text{N}^\circ \text{ ligações de água}) * 1000}$$

$$\text{PSD} = \frac{\text{Vol micromedido}}{(\text{Vol produzido} - \text{Vol micromedido})}$$

De acordo com Carvalho (2004), existem ainda indicadores que levam em consideração a extensão da rede de distribuição e pressão média de operação, por exemplo. As perdas podem ser ainda divididas em perdas reais e perdas aparentes. As perdas reais são aquelas oriundas dos vazamentos de redes e ramais e extravasamentos de reservatórios; as perdas aparentes se dão por problemas na gestão comercial, tais como erros de medição dos hidrômetros, fraudes, etc. (KUSTERKO et al., 2015).

No combate às perdas físicas, a Sanepar conta com o serviço de pesquisa de vazamentos de redes e ramais que percorre toda a rede de distribuição e ligações, utilizando-se de equipamentos de escuta, que captam os sons dos vazamentos ocultos, possibilitando localizá-los. Despressurizações constantes da rede podem causar danos à tubulação, vindo a ocorrer vazamentos e os

indicadores de perdas “elevam-se significativamente, demorando anos para que se restabeleçam” (ABES, 2015, p. 44).

Isso porque, os sistemas de distribuição de água trabalham pressurizados, ou seja, a pressão interna da água na tubulação é maior que a pressão atmosférica.

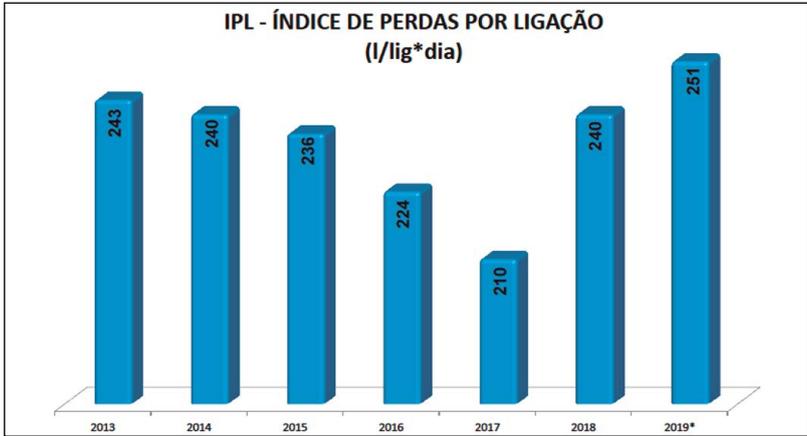
Para atender satisfatoriamente todas as regiões por ela atendidas, a NBR 12218/1994 limita as pressões entre 10 e 50 metros de coluna d’água (ABNT, 1994).

Pressões abaixo desse limite não abasteceriam com regularidade as ligações, podendo causar a entrada de ar nas tubulações e, também, prejuízos para a rede de abastecimento e para as instalações internas dos clientes. Portanto, o controle das pressões é um dos meios para uma gestão eficaz do sistema de distribuição (BARROS FILHO, 2006).

Durante o trajeto da água, desde as unidades de produção até os pontos de consumo, ocorrem variações de pressão, originando as chamadas zonas de pressão. São caracterizadas pela implantação de unidades que quebram ou elevam a pressão fornecida à rede, como as válvulas redutoras de pressão (VRP) e as estações de bombeamento ou elevatórias (TROJAN, 2006). De acordo com dados da Sanepar (2019), o SAA de Cascavel-PR, em outubro de 2019, possuía cerca de 1.250 quilômetros de redes de distribuição com diâmetros de 25 a 700 mm e 99.031 ligações totais de água, atendendo a 100% da população urbana do município.

Com a finalidade de melhor distribuição e controle das vazões, o sistema tem 22 reservatórios, 18 elevatórias de água tratada e 61 VRP para controle da pressão. Algumas das regiões da cidade, porém, ainda apresentam pressões acima dos 50 mca preconizados pela ABNT/NBR 12218. Quanto às perdas no sistema distribuidor, dados da Sanepar mostram os seguintes resultados para a cidade de Cascavel-PR entre os anos de 2011 a 2018.

De acordo com a Figura 03, o índice de perdas por ligação por dia apresentou queda contínua do ano de 2013 até 2017. Em 2018 teve alta expressiva, chegando a 251 L/lig./dia em 2019, sendo o maior valor observado durante o período de análise.

Figura 03: Índice de perdas por ligação do sistema de Cascavel.

* Valores até outubro/2019

Fonte: Sanepar (2019)

Materiais e métodos

Para o trabalho, foi selecionada uma área com alta incidência de vazamentos de ramal e pressões elevadas na cidade de Cascavel-PR, com o intuito de elaborar um projeto de redução de pressão na rede de distribuição para diminuir as perdas de água. A área foi caracterizada para que se pudessem compreender as suas possíveis especificidades, auxiliando na análise final dos resultados.

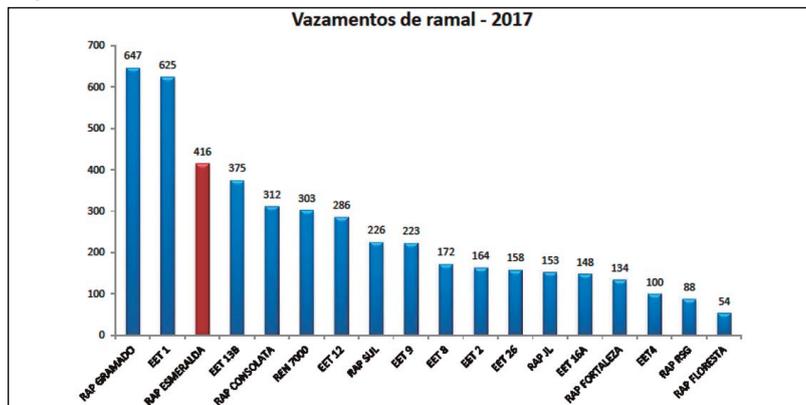
As Figuras 04 e 05 mostram o número total de vazamentos de ramal por ligação nos anos de 2017 e 2018. Esses dados são coletados mensalmente por meio dos sistemas corporativos de informação da Sanepar e expressos em planilhas eletrônicas.

As Figuras 04 e 05 indicam ainda, os números de vazamento de ramal por zona de abastecimento da cidade de Cascavel-PR, sendo a área destacada em vermelho como a escolhida para o estudo em questão.

Como as duas primeiras áreas em incidência de vazamentos por ramal possuíam projetos finalizados para melhorias em suas áreas de abastecimento, foi escolhida a Gravidade Esmeralda

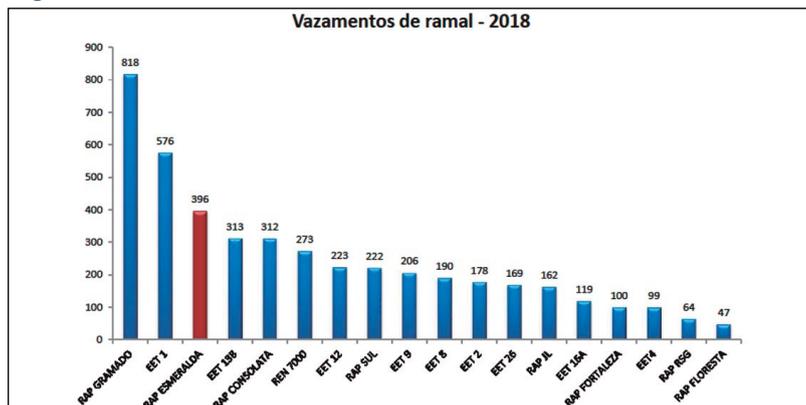
como local para estudo. Com base nos dados e sugestão da área de operação da Sanepar e devido a reclamações de alta pressão registradas na região, foi proposto um projeto de implantação composto de plantas e planilhas de cálculo de vazões para a área em estudo, como meio para redução do volume de desperdício.

Figura 04: Número de vazamentos de ramal do ano de 2017.



Fonte: Sanepar (2017)

Figura 05: Número de vazamentos de ramal do ano de 2018.



Fonte: Sanepar (2018)

Para viabilizar a implantação da VRP, o projeto apontou a necessidade de alterações na rede de distribuição: implantar um anel de distribuição e intervir na rede, com base na situação atual do cadastro técnico, para que a área de atuação da válvula fosse estanque e continuasse atuando normalmente.

Após as intervenções na rede, instalação e regulação da válvula redutora, foram acompanhados e comparados os números de vazamento de ramal e as vazões mínimas noturnas do setor, antes e depois das obras, para avaliar os impactos dessa redução de pressão referentemente às perdas.

As obras de melhorias apontadas no projeto foram realizadas por meio de contrato terceirizado. A zona de abastecimento denominada de Gravidade Esmeralda está localizada na região oeste da cidade de Cascavel-PR e possui 9.925 ligações totais de água (Dados: Sanepar. Ref.: dezembro/2019). A região é predominantemente residencial, com pequenos comércios e duas faculdades particulares que possuem fonte própria de abastecimento.

Por essa razão, o consumo por ligação é relativamente baixo, de aproximadamente 11 m³ mensais, quando comparado com áreas de abastecimento centrais, que possuem um consumo próximo aos 40 m³/mês.

O reservatório que abastece a região está localizado na cota de terreno 752 metros e a região atendida está compreendida entre as cotas 723 e 657 metros. As pressões estáticas da região são, portanto, de 29 a 95 mca.

Existem, na Gravidade Esmeralda, quatro válvulas redutoras de pressão, estrategicamente posicionadas, de forma a reduzirem as pressões acima de 50 mca. Uma dessas válvulas, denominada VRP-09, entretanto, não está localizada no ponto mais favorável e possui diâmetro incompatível com o número de ligações atendidas.

Esses fatores, ao longo do tempo, criaram problemas como baixa pressão em determinados pontos da rede, fazendo com que a área de operação da Sanepar alterasse os limites de sua área de

influência, interligando-a com as áreas limítrofes e inutilizando a atuação da VRP.

Diante desse quadro, com o objetivo de melhorar a atuação da VRP-09 e reduzir as pressões na região, foi elaborado projeto para seu redimensionamento e definição de localização para a válvula, de forma a atender a todas as áreas com pressões estáticas acima do limite de 50 mca.

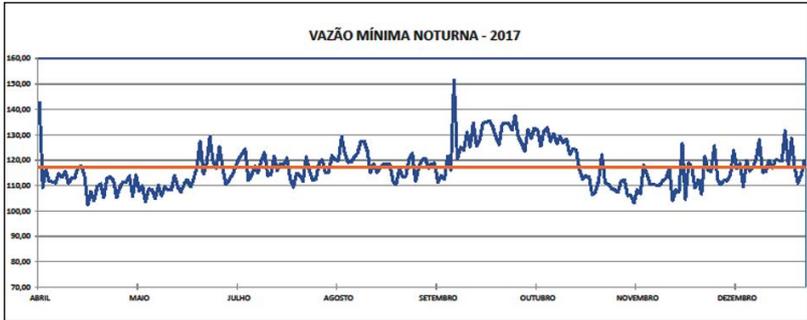
Com o novo projeto, a área da VRP-09 passou a atender a 2.294 ligações totais de água, 573 a mais que a situação anterior, o que corresponde a 23% de toda a Gravidade Gramado. As pressões de entrada e saída da VRP foram projetadas, respectivamente, em 42 e 15 mca. Foram também dimensionados o diâmetro e o modelo de VRP mais adequado: oito polegadas de diâmetro e VRP auto-operada, conforme as especificações básicas da Sanepar.

Resultados e discussão

Foram coletadas e analisadas as vazões mínimas noturnas de 2017, 2018 e 2019. A VRP entrou em funcionamento em setembro de 2019. As vazões foram coletadas a partir do banco de dados da Sanepar, sendo consideradas as vazões às 03:00 horas, que é um período sugerido pela própria concessionária como sendo o horário em que o consumo atinge seus valores mínimos.

Foram desconsiderados, para efeito de análise das vazões médias, os dados discrepantes e nulos, em razão de possíveis erros ou falhas na transmissão dos dados com a finalidade de não serem distorcidas as avaliações. Para 2017, obtiveram-se os resultados conforme a Figura 06.

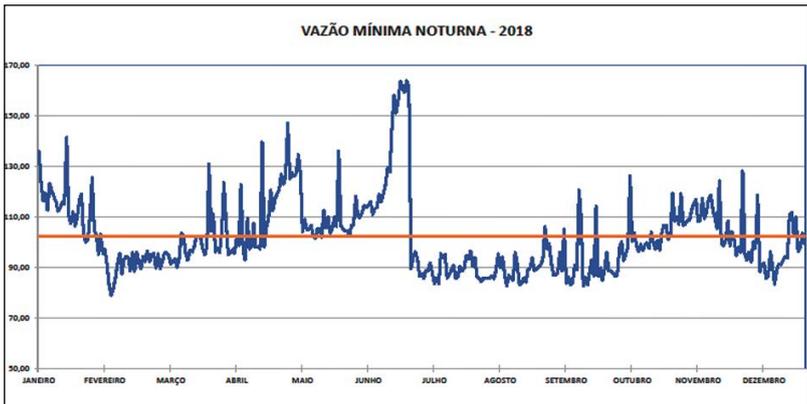
A Figura 06 mostra que os dados estavam disponíveis somente a partir do mês de abril de 2017 e a média do ano (indicada em vermelho) foi de 117,38 m³/h, apresentando valores acima da linha média, principalmente entre os meses de julho a outubro. As menores médias foram registradas nos meses de maio e novembro e, as mais altas, no meses de setembro, outubro e abril.

Figura 06: Vazões mínimas noturnas do ano de 2017.

Fonte: Sanepar (2017)

Não foram encontrados nos arquivos da Sanepar registros de pesquisas de vazamento no local, apesar da redução das vazões mínimas noturnas após meses de valores acima da média. Porém, a redução indica que trabalhos para localizar e reparar vazamentos foram realizados.

Os valores referentes a 2018 estão indicados na Figura 07:

Figura 07: Vazões mínimas noturnas do ano de 2018.

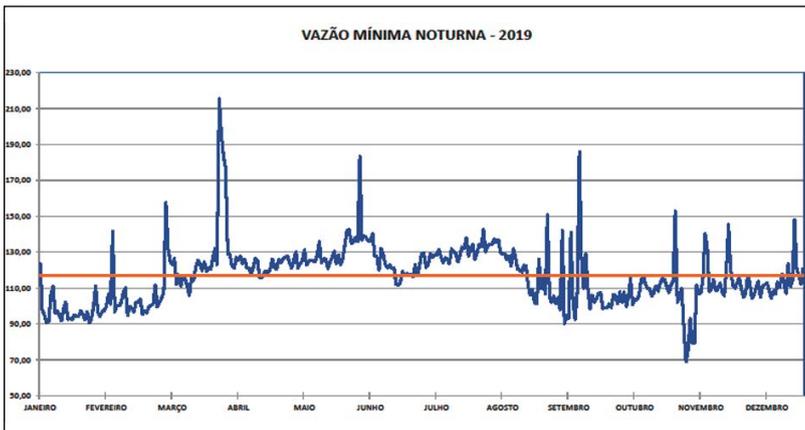
Fonte: Sanepar (2018)

A média anual (linha em vermelho) ficou em 102,28 m³/h. Porém, ao contrário de 2017, apresentou tendência de baixa ao longo do ano. A vazão mínima noturna teve queda significativa

de quase 30% no mês de junho, passando de 127 L/s em junho para 89 L/s em julho, período em que foi registrada pesquisa de vazamentos no setor. Após algum período, nota-se novo aumento da vazão mínima noturna, podendo indicar que as verdadeiras causas dos vazamentos não foram eliminadas.

Em 2019, ano em que a VRP foi instalada, as vazões apresentaram médias mais altas (116,84 m³/h) que nos anos anteriores, conforme Figura 08:

Figura 08: Vazões mínimas noturnas do ano de 2019.



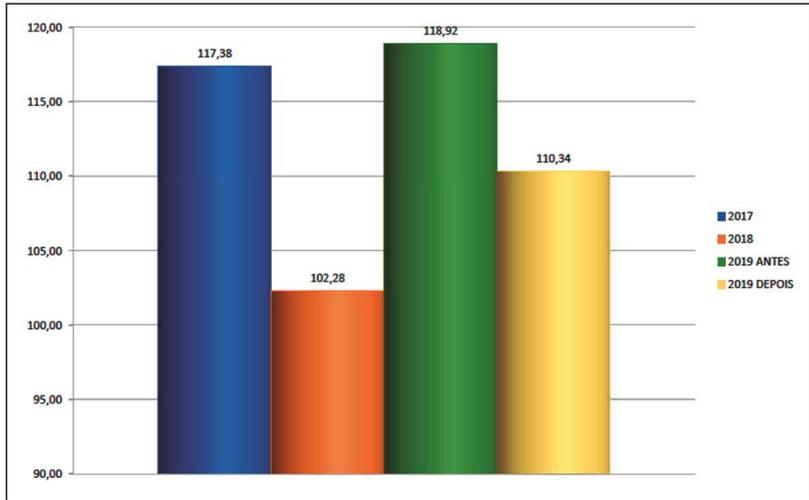
Fonte: Sanepar (2019)

Em janeiro de 2019, as médias foram similares às do ano anterior. Entretanto, houve um aumento no mês de março. As menores médias de 2019, registradas nos meses de setembro e outubro, coincidem com a instalação da VRP, porém, sem atingir os patamares do ano anterior. Em setembro desse ano, junto com a VRP, foi realizada pesquisa de vazamentos, o que colaborou com a redução das vazões mínimas noturnas.

No ano de 2017 a vazão mínima noturna foi de 117,38 m³/h e de 102,28 em 2018. No ano de 2019 (ano de instalação da VRP), as vazões baixaram de 118,92 para 110,34 m³/h. Portanto, verifica-se que as médias da vazão mínima noturna no ano de 2019

foram 7,2% menores após a instalação da VRP, porém maiores que a média 2018, conforme Figura 09:

Figura 09: Comparativo das vazões antes e depois da instalação da VRP.



Fonte: Sanepar (2020)

Com relação ao número de consertos de ramal, os valores para os anos de 2017, 2018 e 2019 estão apresentados na Figura 10.

As quantidades de consertos apresentam variação numérica umas em relação às outras ao longo do ano, tendo resultados maiores, principalmente, em períodos onde ocorre pesquisa de vazamentos. Em 2019, por exemplo, a pesquisa foi iniciada em agosto e finalizou em setembro. Aconteceram paradas do sistema no mês de novembro com o rodízio de abastecimento implantado pela companhia, possivelmente uma das causas da maior quantidade de consertos do ano.

Nos anos avaliados, 2017, 2018 e 2019, a média mensal foi de 35, 33 e 35 vazamentos de ramal por mês, respectivamente. Após a instalação da VRP, nos meses de outubro, novembro e dezembro de 2019, houve aumento na média dos consertos de

ramal. A principal distorção ocorreu no mês de novembro, com 69 vazamentos, o maior de toda a série histórica estudada.

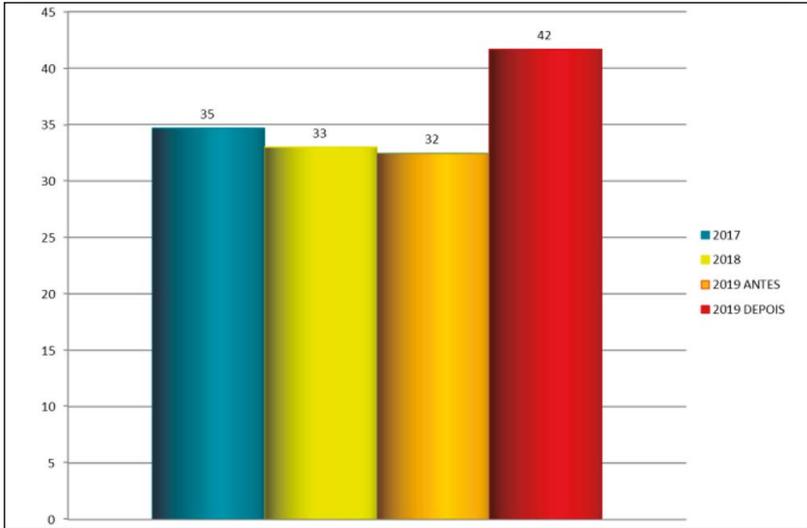
Figura 10: Quantidade de consertos de ramal.



Fonte: Sanepar (2020)

Após a conclusão dos trabalhos de campo e instalação da VRP, foram instalados registradores de pressão nos pontos altos e baixos do setor e os resultados não demonstraram as reduções esperadas de pressão. Esse comportamento poderia indicar que a área da VRP não estava estanque e as pressões se equalizavam com as da área adjacente, sem a atuação da válvula.

Depois da constatação das pressões, o cadastro de redes da área estudada foi então verificado, na tentativa de localizar o ponto de mistura entre as zonas de pressão. Após localizado, foi devidamente separado, no mês de novembro de 2019. Novos registradores de pressão foram instalados, nos mesmos pontos anteriormente selecionados, e os resultados demonstraram que ainda não havia estanqueidade na região. As equipes da área operacional da Sanepar continuam na pesquisa da causa da não atuação da VRP, para que novos estudos de redução de pressão possam ser aplicados.

Figura 11: Média dos consertos de ramal.

Fonte: Sanepar (2020)

Considerações finais

Após a instalação da VRP, era esperado que o número de consertos e a vazão mínima noturna sofressem queda significativa e duradoura, considerando que o excesso de pressão na rede causa rompimentos mais frequentes e, conseqüentemente, aumento nas perdas de água.

Verificou-se que, para a quantidade de vazamentos de ramal, há a necessidade de um acompanhamento por maior período de tempo, visto que pesquisa de vazamento e problemas operacionais podem ter contribuído para resultados discrepantes em relação aos resultados anteriores. Para a vazão mínima noturna, os resultados de pressão fora do projetado não provocaram redução de valores de forma significativa. Como em nenhuma das variáveis analisadas os resultados foram os aguardados, foram discutidas com a equipe de desenvolvimento operacional da Sanepar de Cascavel as possíveis causas dos resultados indesejados.

Algumas hipóteses são ainda estudadas pela área operacional, dentre elas estão: a não atuação da válvula por problemas no

equipamento, erro do cadastro técnico de redes que não mostra a real situação das interligações e o rodízio no abastecimento que a cidade enfrentou devido à estiagem prolongada.

O estudo mostrou que, para a redução de perdas no sistema distribuidor não bastam apenas ações pontuais, mas um conjunto de medidas que, integradas, possam realmente eliminar as causas das perdas elevadas. Além disso, é necessário que o trabalho seja contínuo, de forma a garantir a melhoria permanente dos resultados.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL – ABES. **Controle e redução de perdas nos sistemas públicos de abastecimento de água**. p. 44, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT . **NBR 12218: Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público**. Rio de Janeiro, p. 3. 1994.

BARROS FILHO, M. B. B. de. **Desenvolvimento de sistema de geoinformação como suporte ao gerenciamento das redes de distribuição de água**. (Dissertação) Mestrado em Ciências Geodésicas e Tecnologia da Geoinformação. Universidade Federal de Pernambuco. Departamento de Ciências Geodésicas e Tecnologia da Geoinformação. Centro de Tecnologia e Geociências. Recife, 2005.

CARLOS, É. **Brasil perde quase 40% da água tratada com vazamentos e fraudes, aponta estudo**. G1. São Paulo, 19 fev. 2017. Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/noticia/brasil-perde-quase-40-da-agua-tratada-com-vazamentos-e-fraudes-aponta-estudo.ghtml>>. Acesso em 29 out. 2019.

CARVALHO, F. S. et al. Estudo sobre no sistema de abastecimento de água da cidade de Maceió. *In*: VII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 2004. São Luis, **Anais**, p.9.

KUSTERKO, Sheila K. et al. Avaliação de desempenho quanto à gestão de perdas em sistemas de abastecimento de água através da Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão – Construtivista (MCDA-C).

In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2015, Bauru, **Anais**, p.12.

MACHADO, R. R. A crise hídrica e a redução dos índices de perdas. **ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Rio de Janeiro, fev. 2017. Disponível em: <<http://abes-dn.org.br/?p=7631>>. Acesso em 3 out. 2019.

SANEPAR. Companhia de Saneamento do Paraná. **Municípios atendidos**. Disponível em: <<http://site.sanepar.com.br/prefeituras/municipios-atendidos>>. Acesso em 29 out. 2019.

SANEPAR. Companhia de Saneamento do Paraná. **SNS - Sistema Normativo Sanepar**. Acesso em 30 jan.2020.

SANEPAR. Companhia de Saneamento do Paraná. **SISWEB - Sistema de Informações e Gestão da Sanepar**. Acesso em 30 jan.2020.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2017**. Fev. 2019. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2017>>. Acesso em 30 set. 2019.

SOUZA, R. **Uso de válvulas redutoras de pressão na otimização de rede setorizada de distribuição de água**. 2017. 70 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica (PPGEM), UFPB, João Pessoa, PB, 2017.

TARDELLI FILHO, J. Aspectos relevantes do controle de perdas em sistemas públicos de abastecimento de água. **Revista DAE**. São Paulo, janeiro-abril, 2016.

TROJAN, F. **Desenvolvimento de um sistema de monitoramento especializado integrando-o aos processos de gestão de uma empresa de abastecimento público de água visando a redução de perdas do produto**. 2006. 122 f. Dissertação de Mestrado em Engenharia da Produção. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campus Ponta Grossa. Departamento de Pós-Graduação. Ponta Grossa, 2006.

Capítulo 13

SISTEMA DE AUTOMAÇÃO PARA ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM MUNICÍPIOS DE PEQUENO PORTE

Roberto Toyohiko Hiramã
Fernando Emmanuel Gonçalves Vieira

Introdução

O Brasil em 2020, segundo o IBGE, é formado por 5.570 municípios distribuídos nos 26 Estados e no Distrito Federal. O Estado do Paraná tem em sua formação 399 municípios, sendo que em 345 municípios os SAA são atendidos pela Sanepar, onde a empresa presta serviços em forma de concessão ou contrato de programa com um índice de atendimento de 100%.

Considerando os dados do IBGE, dos 399 municípios do Estado, 271 cidades com população menor de 15.000 habitantes são consideradas de pequeno porte.

Os SAA desses municípios são compostos, na maioria, por captação (poço tubular e/ou rio), adução, reservatório e rede de distribuição de água (SANEPAR, 2018). As unidades operativas que compõem esses sistemas são desassistidas por operação humana.

Para possibilitar o controle de forma automatizada e desassistida desses sistemas, são utilizados controles simples, onde basicamente é manter os reservatórios cheios

com a utilização de chave-bóia, a partir de linhas privativas ou enlaces de rádios do tipo telecomando, ou, na falta desses, utiliza-se controle por programadores horários.

Ainda quanto a esses tipos de controles, não há possibilidade de monitoramento, portanto, são de baixa eficiência operacional e ocasionam problemas operacionais como extravasamento ou desabastecimento. A baixa eficiência é devido à impossibilidade de análise de volumes dos reservatórios e operação dos conjuntos motobombas, impossibilitando identificar a melhor condição operacional do equipamento em função do perfil de consumo dos usuários, uma vez que o consumo de água varia em função do horário do dia, do dia da semana e de condições climáticas do ambiente (TSUTIYA, 2006).

Os problemas operacionais, na maioria das vezes, são identificados após um longo período em que se iniciou com reflexos nas residências dos usuários, gerando altos índices de reclamação nos canais de serviços de atendimento ao consumidor das empresas.

A implantação de um sistema de automação no setor de saneamento torna vantajoso o investimento ao longo do tempo, pois existe uma melhora da qualidade de tratamento da água, redução de custos operacionais com energia elétrica, melhora na eficiência dos processos, aumento da segurança operacional e controle de perdas no sistema (GOMES, 2009; MARTINS; AMARANTE; CINAGAVA, 2018).

O objetivo deste estudo foi verificar alternativas técnicas e economicamente viáveis para automação em municípios de pequeno porte, uma vez que o aporte de investimento para implantação de sistemas de automação sofisticados inviabiliza qualquer projeto para esses municípios.

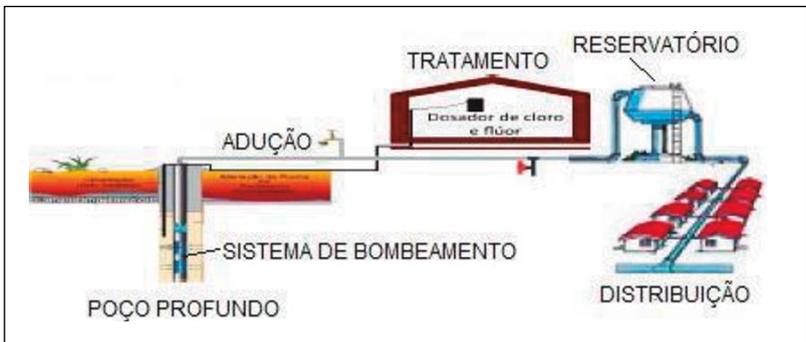
Sistemas de automação no saneamento

De uma maneira geral os SAA em pequenas localidades (Figura 01) denominadas de pequeno porte, são compostos pela fonte de água (manancial), em sua maioria captação subterrânea (poço profundo), sistema de bombeamento (conjunto

motobomba), adução, tratamento, reservatório e distribuição (SANEPAR, 2018).

A captação subterrânea é por meio de perfuração de poços profundos aproveitando os aquíferos, onde se instala um Conjunto Motobomba (CMB) projetado especificamente para bombear água em poços profundos, transportando-a através da tubulação de adução até o reservatório. Em seguida, a água é distribuída para uma localidade. Para que a água distribuída seja potável, tem-se a etapa de tratamento (SANEPAR, 2018).

Figura 01: Sistema de abastecimento de água em pequenas localidades (pequeno porte).



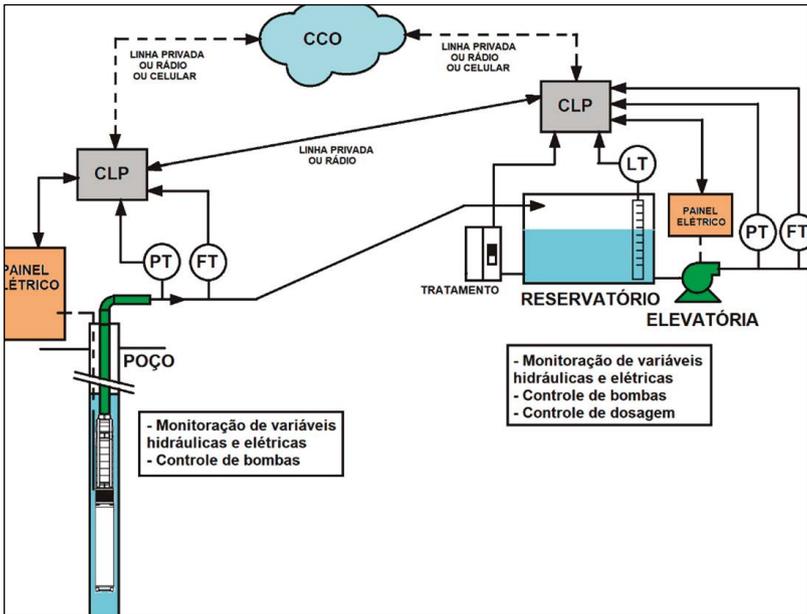
Fonte: Adaptado Sanepar (2018)

O funcionamento dos SAA de pequeno porte, em sua maioria, utiliza-se de um dispositivo de controle no reservatório que atua remotamente em seu comando. Esse dispositivo no reservatório pode ser por chave-bóia ou eletrodo. Quando o nível do reservatório encontra-se cheio, desliga-se o CMB e, em situação oposta, liga-se.

Os sistemas de automação basicamente são compostos por sensores de campo, Controlador Lógico Programável (CLP) e acionamentos. Os sensores são a interface e coletores dos dados de campos que são transferidos para as entradas do CLP que, por sua vez, são processados pela unidade central de processamento cuja programação é definida por lógicas de controle.

Então, encaminha-se o resultado para as saídas, seja digital, seja analógica, para os dispositivos a serem acionados ou controlados (Figura 02). Para visualização do processo e também para algumas das tomadas de decisão da lógica programada no CLP, é necessário um comando externo, onde se utiliza uma Interface Homem Máquina (IHM) (SILVEIRA e SANTOS, 1998).

Figura 02: Sistema de Automação de um SAA contendo os principais dispositivos.



Fonte: Adaptado de Castro e Souza (2002)

No setor de saneamento é muito comum unidades operativas estarem muito distantes dos sensores que são necessários para entrada dos dados, portanto é preciso um meio de comunicação entre as unidades operativas, podendo ser por linha física ou por rádio frequência. Segundo Nivetec (2018, p. 6), o transmissor de nível ultrassônico (Figura 03) tem o funcionamento baseado:

no princípio de medição do tempo necessário para o pulso de ultrassom percorrer a distância de ida e volta do sensor até o nível do líquido. O sensor emite um trem de pulso ultrassônico e recebe os ecos refletidos. O dispositivo eletrônico inteligente processa o sinal recebido selecionando o eco refletido pela superfície e calcula o tempo de trânsito entre a emissão e recepção do pulso, que constitui a base de todas saídas de sinal.

Figura 03: Transmissor de nível ultrassônico.



Fonte: Nivetec (2018)

Figura 04: Transmissor de pressão.



Fonte: Yokogawa (2020)

Segundo Cassiolato (2020, p. 1), “a medição e controle de pressão é a variável de processo mais usada na indústria de controle de processos nos seus mais diversos segmentos”. De acordo

com este mesmo autor, a medição de pressão pode ser classificada da seguinte maneira:

Pressão absoluta: é medida com relação ao vácuo perfeito, ou seja, é a diferença da pressão em um determinado ponto de medição pela pressão do vácuo (zero absoluto). Normalmente quando se indica esta grandeza usa-se a notação ABS.

Pressão diferencial: é a diferença de pressão medida entre dois pontos. Quando qualquer ponto diferente do vácuo ou atmosfera é tomado como referência diz-se medir pressão diferencial.

Pressão manométrica (Gauge): é medida em relação à pressão do ambiente, ou seja, em relação a atmosfera. Ou seja, é a diferença entre a pressão absoluta medida em um ponto qualquer e a pressão atmosférica.

Figura 05: Transmissor de nível hidrostático.



Fonte: Nivetec (2009)

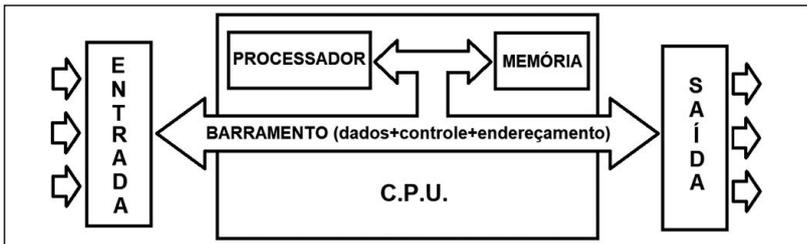
No setor de saneamento para medir nível de reservatórios é utilizado o tipo de medição de pressão em relação à atmosfera, assim, a medição de nível é por pressão manométrica. O princípio de funcionamento dos transmissores de nível hidrostático (Figura 05) conforme Nivetec (2009, p. 1):

Consiste no controle do nível de um reservatório pela pressão hidrostática. O deslocamento do fluido (seja pelo consumo ou pelo abastecimento) provocará no transmissor uma pressão em seu diafragma interno preso a um circuito eletrônico. A coluna d'água criada altera o estado inicial da

superfície do diafragma e converte-o em sinal de corrente analógico ao nível em que se está operando, que varia de 4 a 20mA. O cabo do transmissor possui internamente um tubo de respiro que irá compensar a pressão atmosférica em relação à pressão exercida dentro do reservatório (pressão absoluta). Devido a essa diferença entre pressões o transmissor opera de acordo com a pressão relativa (piezométrico).

Os CLP são dispositivos compostos por uma Unidade Central de Processamento (CPU) e entradas e saídas (Figura 06). Na CPU estão o processador, um banco de memórias e um barramento que faz as interfaces entre os elementos do sistema (SILVEIRA e SANTOS, 1998, p. 82):

Figura 06: Diagrama de bloco do Controlador Lógico Programável – CLP.



Fonte: Silveira e Santos (1998)

A CPU (Figura 07) armazena as instruções de ações de controle definidas conforme programação, ativando as memórias e os pontos de saídas a partir do monitoramento das entradas (SILVEIRA e SANTOS, 1998, p. 83).

Figura 07: Controlador Lógico Programável.



Fonte: Siemens (2020)

Materiais e métodos

Neste estudo realizou-se uma pesquisa dos sistemas de automação e telemetria disponíveis no mercado, verificando sua aplicabilidade no sistema de saneamento. As tecnologias de automação e telemetria foram comparadas para identificação de suas vantagens e desvantagens em relação aos sistemas de abastecimento de água de pequeno porte.

Com os sistemas de automação foram simuladas condições operacionais visando a eficiência operacional dos sistemas de abastecimento de água. Em sistemas com mais de uma unidade de captação de água, é possível direcionar o tempo de operação de unidades com mais eficiência, reduzindo o tempo das unidades com menos eficiência, bem como programando desligamento dos CMB em horários que a tarifa de energia elétrica é mais cara.

Resultados e discussão

Foi efetuada pesquisa de tecnologias de sistemas de automação comercializadas, levando à identificação dos seguintes dispositivos para aplicação nos sistemas de abastecimento de água de pequeno porte: transmissores do tipo nível ultrassônico, pressão manométrica e hidrostático.

Tabela 01: Custo Médio para aquisição de transmissor de nível.

Tipo	Custo (R\$)*
Nível ultrassônico	2.500,00
Pressão manométrica	4.500,00
Nível Hidrostático	1.500,00

* Valores baseados em fabricantes consolidados no mercado

Fonte: Os autores (2020)

Para medição de nível, o transmissor ultrassônico tem um custo de aquisição moderado, porém existem algumas características técnicas que devem ser consideradas para a sua instalação, como a necessidade de respeitar uma distância de instalação da parede do reservatório para evitar erros de medição no pulso do ultrassom e limpezas frequentes do sensor. Deve-se considerar também que os transmissores ultrassônicos têm uma zona sem medição (zona morta), bem como a impossibilidade de instalação na parte superior dos reservatórios, já que alguns deles não possuem acessos à área superior.

Os transmissores de pressão manométrica têm um custo elevado em relação aos demais tipos de transmissores, porém o transmissor é de fácil instalação, uma vez que é possível aproveitar tubulação existente nos reservatórios. Uma característica técnica relevante é que o instrumento deve ser instalado no fundo do reservatório devido à medição de pressão em relação à atmosfera. Alguns reservatórios são enterrados, dificultando esse tipo de instalação devido ao acesso na parte inferior.

Os transmissores de nível hidrostáticos têm o custo de aquisição mais vantajoso. A instalação não requer muita infraestrutura, pois é possível instalar na tampa superior de acesso do reservatório. A única limitação seria a impossibilidade de instalação em locais que não têm acesso superior ao reservatório. Como

meios de comunicação entre as áreas remotas, são utilizados relés de linha privativa (LP), modem para linha privativa, radio modem e modem celular com tecnologia 3G.

Na Tabela 02, não foi incluída linha de dados digital ou fibra óptica devido à indisponibilidade de serviços pelas operadoras de telefonia em áreas distantes dos grandes centros.

O relé de LP é o componente mais simples, já utilizado na maioria dos SAA, porém impossibilita o monitoramento da unidade remota, pois o comando é unidirecional, ou seja, o transmissor envia um comando sem obter a resposta de confirmação pelo receptor.

O modem analógico de LP possibilita o controle e monitoramento das unidades remotas, sendo necessária a instalação em pares do modem e do CLP. Atualmente está em desuso devido à descontinuidade do sistema analógico de dados.

Tabela 02: Custo médio para aquisição de meio de comunicação.

Tipo	Custo (R\$)
Relé de LP ⁽¹⁾	250,00
Modem analógico LP ⁽¹⁾	10.000,00
Radio telecomando ⁽²⁾	25.000,00
Rádio Modem ⁽²⁾	40.000,00
Modem celular	4.000,00

(1) Nos caso com LP existe um custo mensal da linha pela concessionária de telefonia.

(2) Nos casos com Rádio está inclusa a instalação das torres

Fonte: Os autores (2020)

O rádio telecomando tem a funcionalidade idêntica ao relé de LP, porém a transmissão do sinal é pelo ar por meio de rádio frequência. O comando também é unidirecional. O rádio modem é similar ao modem analógico, com a transmissão do sinal via

rádio frequência, porém se torna inviável devido ao alto custo de implantação.

O modem celular utiliza as redes das operadoras de telefonia celular e tem um custo relativamente baixo, porém é necessária a cobertura nas áreas remotas. O equipamento também tem uma confiabilidade baixa de transmissão e recepção de informações.

CLPs de pequeno porte são encontrados no mercado de diversas marcas com equivalência nas características técnicas e de custos. Têm um custo médio de R\$ 5.000,00 dos fabricantes de primeira linha, incluídos os módulos de expansão necessários para aquisição dos sinais de campo e comando. Considerando o desenvolvimento da programação, tem-se um valor final de R\$12.200,00. Em termos de custo benefício, considerando as limitações e características de cada dispositivo descritas neste trabalho, o sistema de automação mais vantajoso seria a seguinte configuração:

Tabela 03: Sistema de automação simplificado.

Dispositivos	Custo (R\$)
Sensor pressão hidrostático	1.500,00
CLP ⁽¹⁾	12.200,00
Relé de LP	250,00
Total	13.950,00

(1) Considerando 40 horas de desenvolvimento de programação

Fonte: Os autores (2020)

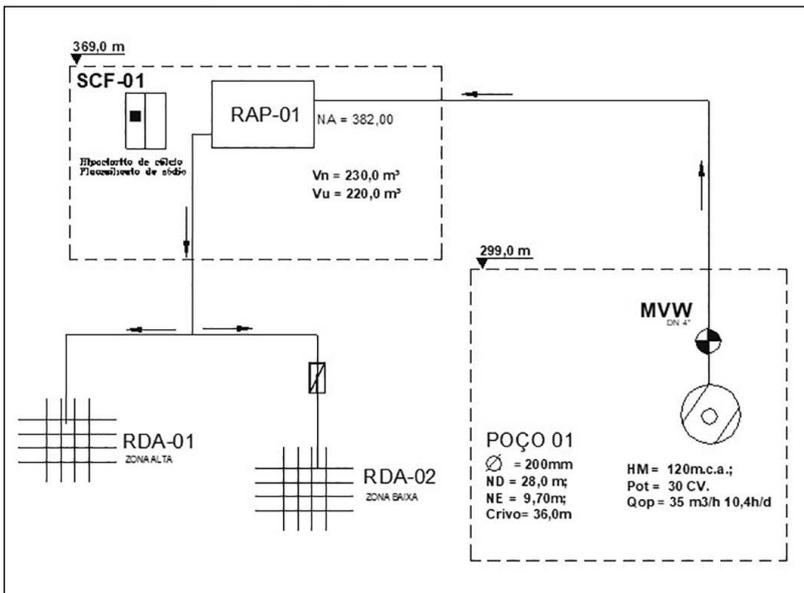
Baseado nos custos energéticos, é possível melhorar a eficiência dos SAA a partir de uma lógica de programação para direcionar qual a operação mais eficiente para o sistema.

Como simulação, em um sistema de abastecimento de água de pequeno porte localizado no estado do Paraná (Figura 08), compõe-se a estrutura de uma captação subterrânea por poço

profundo denominado de POÇO 01, onde se encontra instalado um CMB que transfere a água para o reservatório RAP-01 via adutora, tendo o tratamento SCF-01 no próprio reservatório e, assim, distribui para rede RDA-01 e RDA-02. Segue a configuração e operação do SAA.

Para atender a população é necessário um volume médio diário de 368m^3 ; portanto, temos um tempo de operação de 10,4 horas por dia do POÇO 01 com uma vazão de $35\text{m}^3/\text{h}$. Considerando o tempo de operação, há possibilidade de parada de 3 horas no horário de ponta (18h00 às 21h00), onde o custo da energia elétrica é mais cara. Atualmente, a tarifa de energia está em R\$ 1,744/kWh no horário de ponta e R\$ 0,4599 no horário fora de ponta (COPEL, 2019).

Figura 08: Croqui do Sistema de Abastecimento de Água de pequeno porte abastecida por um poço – SAA – 01.



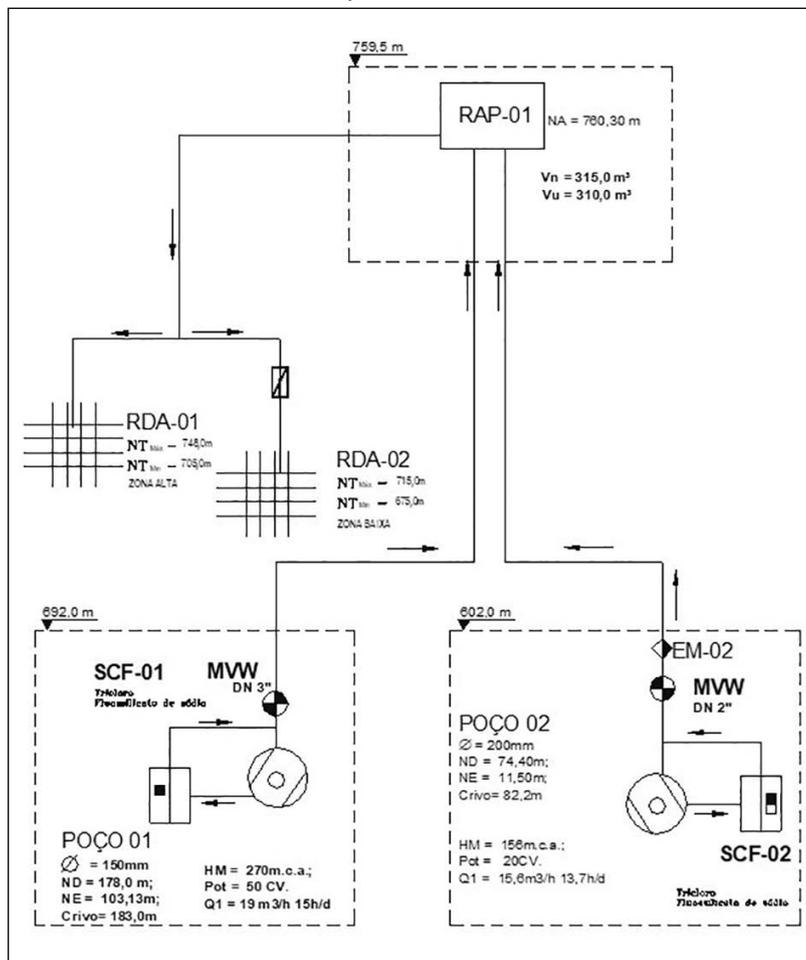
Fonte: Os autores (2020)

Constatou-se, pois, que a unidade POÇO 01 opera em média 1h30min no horário de ponta, gerando um consumo de energia elétrica mensal de 885kWh a um custo de R\$1.543,88. Com o deslocamento desse consumo de energia fora do horário de ponta, para suprir o volume de água necessário ao abastecimento, o custo seria de R\$ 407,01.

Neste caso, com a implantação de um sistema de automação simplificado conforme custos na Tabela 03, é possível uma economia de R\$ 1.136,87 mensais, com um payback simples de 12,3 meses.

Em outro SAA, com configuração de mais poços (Figura 09) para suprir a demanda da população local, o SAA-02 é composto pelos POÇO-01 e POÇO-02 com seus respectivos tratamentos que abastecem o reservatório RAP-01 a jusante, o que, por sua vez, distribui água para as redes RDA-01 e RDA-02.

Figura 09: Croqui do Sistema de Abastecimento de Água de pequeno porte abastecido por dois poços - SAA-02.



Fonte: Os autores (2020)

Para atender a população é necessário um volume médio diário de 501m³, como POÇO-01 contribuindo com uma vazão de 19,2m³/h em operação de 15h por dia, o que representa 287m³. O POÇO-02 contribui com uma vazão de 15,6m³/h e operação de 13,7 horas por dia, o que representa 214m³.

Constatou-se que o POÇO-01 tem um consumo específico de energia elétrica de $2,18\text{kWh/m}^3$ e o POÇO-02 tem um consumo específico de energia elétrica de $1,12\text{kWh/m}^3$. Portanto, em termos de eficiência energética, o POÇO-02 é mais eficiente que o POÇO-01, ou seja, o POÇO-02 tem um gasto energético menor que o POÇO-01, o que se reflete em custos.

Neste caso, com a implantação de um sistema de automação simplificado, é possível programar uma lógica em que o POÇO-02 opere mais tempo que o POÇO-01 para suprir a demanda da população. Considerando os custos na Tabela 03, é possível uma economia de R\$ 2.197,63 mensais, uma vez que é possível operar o POÇO-02 por 20 horas por dia (tempo máximo definido pela outorga), resultando em um volume de 312m^3 e o POÇO-01 por 10 horas por dia, contribuindo com um volume de 189m^3 . Com a implantação, o cálculo do *payback* simples é de 6,5 meses.

Considerações finais

Com o avanço da tecnologia da informação, os custos para implantação de um sistema de automação simples é relativamente baixo na atualidade, possibilitando a melhoria da eficiência operacional dos SAA. Portanto, o sistema de automação torna-se imprescindível no setor de saneamento, uma vez que as empresas são cada vez mais chamadas a serem mais eficientes, seja por exigência dos órgãos reguladores, seja pelo movimento da sociedade quanto às prestadoras de serviços públicos.

Observou-se que, com um sistema de automação simplificado, é possível a redução de custos de energia elétrica de forma a operar em horários com tarifa mais vantajosa. Assim, os SAA que se constituem com mais unidades de captação permitem definir a operação a partir do menor consumo específico de energia elétrica.

Para ter um controle mais efetivo, em termos de visualização em tempo real e com dados históricos para análises de volumes e operação, é possível a implantação de software supervisorio, utilizando-se de tecnologia de telemetria via modem celular,

assim centralizando todas as informações nos Centro de Controle Operacional (CCO).

Referências

CASSIOLATO, C. **Sensores de Pressão**. Smar. 2020. Disponível em: <<https://www.smar.com/brasil/artigo-tecnico/sensores-de-pressao>>. Acesso em : 17 mar 2020.

CASTRO, J. B. F.; SOUZA, J. C. S. Água Subterrânea e Automação no Saneamento. **Suplemento Anais do XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**. 2002. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22569>>. Acesso em: 17 mar 2020.

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA. **Taxas e Tarifas**. 2019. Disponível em: <<https://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F5d546c6fdeabc9a1032571000064b22e%2F0a363cf546237cc203257488005939ce>>. Acesso em: 14 mar. 2020.

GOMES, H.P. **Sistemas de Bombeamento**: Eficiência Energética. Editora Universitária – UFPB. João Pessoa. p. 204, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Brasil Panorama**. 2019. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/panorama>>. Acesso em: 10 mar. 2020.

MARTINS, M. B.; AMARANTE, C. S.; CINAGAVA, I. Economia no Custo de Energia Elétrica em Sistemas de Abastecimento de Água no Horário de Ponta. **Journal of Exact Sciences – JES**. Maringá, PR, v.18, n.1, 2018. p.18-27. Disponível em: <https://www.mastereditora.com.br/periodico/20180929_091513.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2019.

NIVETEC. **Transmissor de nível compacto por ultrassom a 2 fios**. 2018. Disponível em: <https://cdn.nivetec.com.br/wp-content/uploads/2019/04/NT_MN_Nivelco_EasyTREK_SP-300_pt.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2020.

NIVETEC. **Transmissor de nível: Tipo Hidrostático**. 2009. Disponível em: <<https://nivetec.com.br/produto/>>

transmissor-de-nivel-do-tipo-hidrostatico-serie-780/>. Acesso em: 18 mar. 2020.

SANEPAR. Companhia de Saneamento do Paraná. **Relatório de Sustentabilidade 2018**. 2018. Disponível em: <http://ri.Sanepar.com.br/ptb/2062/18627_709125.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2020

SANEPAR. Companhia de Saneamento do Paraná. **Relatório Anual da qualidade da água 2018**. 2018. Disponível em: <<http://relatorioqualidadeagua.Sanepar.com.br/2018/242.pdf>>. Acesso em: 10 mar.2020.

SIEMENS. **PLCs: SIMATIC S7-1200. 2020**. Disponível em: <<https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/s7-1200.html>> Acesso em: 19 abr. 2020.

SILVEIRA, P.R.; SANTOS W.E. **Automação e Controle Discreto**. Érica. São Paulo, 1998; p.18-23 e p. 79-83.

TSUTIYA M.T. **Abastecimento de Água**. 3 ed. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

YOKOGAWA. **Transmissores de Pressão**. 2020. Disponível em: <<https://www.yokogawa.com.br/produtos/instrumentos-de-campo/transmissores-de-pessao>>. Acesso em: 19 abr. 2020.

Capítulo 14

GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS: DIAGNÓSTICO DO MANEJO

Eliandra Rodio
Nilson César Bertóli

Introdução

Nos últimos anos, o aumento na produção de resíduos sólidos (RS) gerados no Brasil tem sido motivo de grande preocupação, uma vez que o manejo inadequado desses resíduos pode levar a sérios problemas de saúde, ambientais, sociais e econômicos.

Publicação da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), intitulada "Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2017", aponta que a geração de resíduos tem crescido mais do que a população brasileira. Entre 2016 e 2017 o crescimento da população foi de 0,75% e a geração total de resíduos foi de 1% no mesmo período (ABRELPE, 2017).

Os transtornos gerados pelos RS têm sido registrados ao longo da história. Já na Idade Média, os resíduos produzidos pelo homem começaram a causar preocupação, devido as doenças decorrentes. Na década de 1970, a problemática do lixo passou a ser discutida mundialmente em encontros sobre o meio ambiente, como na Conferências de Estocolmo, na Eco-92 e na Intergovernamental de Educação Ambiental (EA) de Tibilisi (VELLOSO, 2008).

No Brasil, a implementação da Lei nº 12.305/2010, sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), trouxe uma nova perspectiva quanto à gestão dos RS, ao incentivar práticas de redução, reciclagem e reutilização, hábitos de consumo sustentáveis e a destinação correta dos rejeitos (BRASIL, 2010). Na seção V, Art. 20 dessa lei, os geradores de RS dos serviços de saneamento básico estão sujeitos à elaboração de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS).

Levando-se em conta tais considerações, um estudo foi desenvolvido a partir do seguinte problema de pesquisa: Na gerência de Cascavel-PR tem sido realizado o manejo adequado dos resíduos sólidos provenientes da atividade de saneamento básico?

Assim, este capítulo apresenta um diagnóstico do manejo de RS nas atividades de saneamento básico da Sanepar, empresa brasileira de economia mista, em todos os municípios da área de abrangência da gerência Cascavel-PR, e se propõe a fornecer informações que podem auxiliar na elaboração do PGRS e propor melhorias que estimulem a prática de hábitos sustentáveis, como a adequada redução, reutilização, reciclagem e disposição final dos RS.

Panorama dos RS no Brasil

Segundo a Norma NBR 10.004 (ABNT 2004, p. 1), os RS são aqueles que:

[...] resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cuja particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água [...].

A classificação dos RS, conforme a NBR 10.004, pode ser de acordo com suas características físicas, químicas e biológicas e também, quanto aos potenciais riscos de contaminação

ambiental (Classe I ou Perigosos, Classe II ou Não-Inertes, Classe III ou Inertes), natureza ou origem (ABNT, 2004).

Na antiguidade, o lixo produzido pelo homem, disposto nas ruas a céu aberto, era visto com temor ao ser identificado como um transmissor de doenças. Os resíduos foram associados a propagação de epidemias e pandemias que ocorreram no período da idade média, tendo como destaque a peste negra no continente europeu (VELLOSO, 2008). Diante da preocupação com a saúde pública, surgiram sistemas formalizados de coleta de lixo no século XIX, os quais continuam até hoje e são um fator chave no desenvolvimento dos países (WILSON, 2007).

No Brasil, a publicação da Lei nº 12.305/2010 (BRASIL, 2010), tornou-se um marco na gestão de RS, por apresentar instrumentos que possibilitam a gestão integrada dos responsáveis pela geração de resíduos e incentivar práticas de coleta, reciclagem e destinação apropriada em todos os municípios brasileiros. Em seu artigo 9º, define como ordem de prioridades na gestão dos resíduos a “Não geração, Redução, Reutilização, Reciclagem, Tratamento dos resíduos sólidos, Disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos” (BRASIL, 2010, p. 5).

Já, Brasil (2010, p. 2) em seu artigo 3º, inciso VII, faz menção à destinação final adequada e a define da seguinte maneira:

A destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sisnama, do SNVS e do Suasa, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos.

Na PNRS, estão classificados os resíduos provenientes dos serviços de saneamento básico e, com o estímulo à expansão do setor, ocorreu o crescimento das atividades de abastecimento de água, esgotamento sanitário e drenagem geradoras destes resíduos, os quais, se não forem tratados de forma adequada, podem

se tornar grandes poluidores, causando danos ambientais e à saúde humana (BATISTA, 2018).

As atividades de saneamento básico, como o tratamento de água e o tratamento de esgoto, têm, como característica em comum, a geração de um grande volume de lodo proveniente dos processos de tratamento. O lodo das Estações de Esgoto (EE) requer maior atenção em relação à correta disposição final, sendo necessário prever como será feito o tratamento e a disposição desde o planejamento das EE. Entretanto, muitos projetos não contemplam o destino do lodo, diminuindo assim, os benefícios obtidos no tratamento dos efluentes. Portanto, fazem-se necessárias “alternativas seguras e factíveis para que esse resíduo não se transforme em um novo problema ambiental” (BETTIOL; CAMARGO, 2006, p. 25).

O uso agrícola do lodo produzido nas EE apresenta-se como uma opção ambientalmente sustentável, por ser capaz de promover a reciclagem de nutrientes, ser benéfico ao cultivo de plantas e às características físico-químicas e biológicas do solo. É uma alternativa implantada em todo o mundo, mas que no Brasil ainda é limitada a poucos Estados (BITTENCOURT; AISSE; SERRAT, 2017).

Os lodos oriundos dos tratamentos de água e esgoto podem ser destinados a diversas atividades, tendo seu volume diminuído após passarem por alguns tratamentos, assim como, por processos de secagem, facilitando então o armazenamento e o transporte, podendo ser destinados ao uso agrícola, industrial, ceramista, para aproveitamento energético e compostagem (VON SPERLING, 2014 apud BATISTA, 2018).

É consenso que a gestão de resíduos merece grande atenção, uma vez que o manejo inadequado dos resíduos resulta em grandes impactos ambientais e na saúde da população. Na gestão dos resíduos de saneamento básico, a adoção de alternativas de reaproveitamento dos RS apresenta-se como melhor opção de destinação final.

Materiais e métodos

A partir de uma abordagem quali-quantitativa, este estudo se apoiou inicialmente em uma revisão bibliográfica e documental, com busca de pesquisas disponibilizadas no *Google Scholar*, SciELO e em legislações (Leis, Decretos, Normas e documentos internos).

A seguir, foi realizada uma pesquisa de campo, com a identificação *in loco* de como é realizado o acondicionamento, armazenamento e destinação final dos RS. Foram entrevistados 39 empregados para mensuração do volume de resíduos gerados nos municípios de abrangência da gerência do município de Cascavel-PR.

A gerência regional de Cascavel-PR é uma dentre outras da Sanepar, controlada pelo Estado do Paraná, prestadora de serviços de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto sanitário. Sua sede está localizada no município de Cascavel-PR e atua em 19 municípios e 15 distritos, somando 225 empregados, que prestam serviços de saneamento básico para 493.078 habitantes (SANEPAR, 2018).

Sua gerência, desde 2011, conta com o programa de EA “Use o Bom Senso”, pelo qual promove ações que visam melhores condições no ambiente de trabalho e na vida dos empregados. Porém, a partir de 2013 foi implantado um Sistema de Gestão Ambiental, com o objetivo de adequar os procedimentos operacionais e gerenciais aos requisitos da NBR ISO 14001 (SANEPAR, 2018).

Os empregados entrevistados são lotados nos municípios da área de abrangência e as informações fornecidas foram registradas em planilhas elaboradas previamente. Para quantificar os RS foi realizada a divisão em três grupos: Resíduo Perigoso (Classe I), Reciclável e Não Reciclável (Classe II) (ABNT, NBR 10.004, 2004). O período definido para mensuração do volume de resíduos gerados foi de um ano, ou seja, de setembro de 2018 a setembro de 2019.

Para mensuração do volume de resíduos não recicláveis e recicláveis foi realizada uma estimativa com o auxílio dos

empregados dos locais onde ocorre a geração do resíduo, considerando a geração diária ou semanal para composição do volume anual. Em Cascavel-PR, foi realizada a pesagem dos resíduos recicláveis e não recicláveis nos meses de outubro e novembro de 2019, para que fosse possível estimar o volume produzido anualmente.

Para os resíduos Perigosos, o volume foi identificado por meio de consulta aos Certificados de Destinação Final, emitidos pela empresa especializada que realiza a coleta desses materiais.

Resultados e discussão

Inicialmente, foi identificado qual processo ou atividade que originou os resíduos, em conformidade com o estabelecido na ABNT NBR 10.004. A partir desta identificação, foi possível constatar que as principais atividades podem ser divididas nos setores administrativo, tratamento de água e tratamento de esgoto.

O setor administrativo é composto principalmente por salas, banheiros, copas ou cozinhas, garagens e pátios. Os principais resíduos gerados, sua classificação e destinação final estão apresentados no Quadro 01.

Quadro 01: Administrativo.

Tipo de resíduo	Classificação Norma NBR 10.004:2004	Locais de geração	Destino final
Lâmpada	Classe I	Todos os locais	Aterro Industrial
Toner	Classe I	Atendimento ao Cliente e Salas Administrativas	Logística Reversa
Papel higiênico, Papel Toalha	Classe II A	Banheiros	Aterro Sanitário
Orgânico	Classe II A	Copa, Cozinha	Aterro Sanitário
Papel, Papelão	Classe II A	Atendimento ao Cliente e Salas Administrativas	Cooperativa de Recicláveis
Plástico			

Fonte: Os autores (2020)

As lâmpadas, quando substituídas, são guardadas em caixas plásticas ou de papelão para posterior envio ao aterro industrial. Já, os cartuchos de toner vazios são acondicionados na própria caixa do produto e recolhidos pela empresa responsável pelo contrato de fornecimento do produto.

Os resíduos dos banheiros, como papel higiênico e papel toalha, assim como os resíduos da cozinha, como restos de alimentos e borra de café, identificados como orgânicos, são recolhidos pelas prefeituras municipais ou por empresas contratadas pelas prefeituras para envio aos aterros sanitários.

Os resíduos de papel, papelão e plástico são coletados por empresas de coleta seletiva e enviados às cooperativas de recicláveis. Nos municípios onde não há cooperativa, ou esta não apresenta documentação ambiental, os resíduos são enviados para o município mais próximo com cooperativa.

O setor de tratamento de água é composto por laboratórios, casas de química, almoxarifados, reservatórios e estações de tratamento de água.

O resíduo gerado em maior quantidade nesse setor é o lodo proveniente das estações de tratamento de água. Na gerência, as estações de tratamento de água de Cascavel, Guaraniaçu e Três Barras do Paraná, apresentam vazão superior a 30 litros/segundo, e, de acordo com a Resolução SEMA 21/2009, art. 12, deverão implantar o sistema de tratamento e disposição final de efluentes e resíduos. Entretanto, somente a estação de Três Barras do Paraná-PR conta com sistema para o tratamento do lodo, o qual é removido com caminhão de sucção e enviado ao aterro sanitário.

Os resíduos perigosos, conforme indica o Quadro 02, são gerados nos laboratórios, onde análises físico-químicas para controle de qualidade da água são realizadas. Os rejeitos das análises são acondicionados em um frasco identificado e sendo destinado ao aterro industrial. Da mesma forma, o rejeito de pilhas e baterias, vidrarias quebradas dos laboratórios, filtros de osmose e máscaras, são acondicionados em caixas e enviados ao aterro industrial.

Quadro 02: Tratamento de água.

Tipo de resíduo	Classificação Norma NBR 10.004:2004	Locais de geração	Destino final
Pilhas e Baterias	Classe I	Laboratórios	Aterro Industrial
Vidros Contaminados	Classe I		
Rejeitos de análises e Kits	Classe I		
Filtros de osmose e máscaras	Classe I		
Luvas	Classe II A	Laboratórios e Casas de Química	Aterro Sanitário
Uniformes	Classe II A	Todos os Locais	Logística Reversa
Lodo	Classe II B	ETAs	Aterro Sanitário ou corpo receptor
Sacarias	Classe II A	Casas de Química	Logística Reversa
Bombonas	Classe II A	Casas de Química	Logística Reversa
Tubulações	Classe II A	Manutenções	Logística Reversa

Fonte: Os autores (2020)

Os uniformes, sacarias e bombonas de produtos químicos, utilizados no tratamento da água e os resíduos de tubulações utilizadas nas manutenções de redes, são recolhidos pela gerência responsável pela logística de produtos na Sanepar, a qual encaminha para as empresas responsáveis pelo fornecimento.

Quanto ao setor de tratamento de esgoto, este é composto por estações de tratamento de esgoto, elevatórias e laboratórios. No Quadro 03, estão indicados quais os principais resíduos gerados.

Quadro 03: Tratamento de esgoto.

Tipo de resíduo	Classificação Norma NBR 10.004:2004	Locais de geração	Destino final
Pilhas e Baterias	Classe I	Laboratórios	Aterro Industrial
Vidros Contaminados	Classe I		
Rejeitos de análises e Kits	Classe I		
Filtros de osmose e máscaras	Classe I		
Luvas	Classe II A	Laboratórios e Casas de Química	Aterro Sanitário
Uniformes	Classe II A	Todos os Locais	Logística Reversa
Bombonas	Classe II A	Casas de Química	Logística Reversa
Tubulações Contaminadas	Classe II A	Manutenções	Aterro Sanitário
Areia	Classe II B	Tratamento	Aterro Sanitário
Lixo gradeado	Classe II A		
Escuma	Classe II A		
Lodo Seco	Classe II B		

Fonte: Os autores (2020)

No caso, os resíduos Perigosos provenientes dos laboratórios que realizam o controle de qualidade dos diversos processos do tratamento de esgoto, sua destinação final é o aterro industrial. Já, as luvas, tubulações descartadas nas manutenções de rede de esgoto e uniformes contaminados com esgoto, têm como destino final o aterro sanitário; e as bombonas dos produtos químicos são enviadas para gerência de logística.

Os resíduos do processo de tratamento de esgoto: areia, lixo gradeado e lodo seco são armazenados em caçambas e enviados ao aterro sanitário. Os resíduos de espuma são primeiramente dispostos em bolsas para secagem, e posteriormente acondicionados em caçambas para envio ao aterro sanitário. O volume de resíduos produzidos na gerência, no período de setembro de 2018 a setembro de 2019, está descrito nas Tabelas 01, 02 e 03.

Tabela 01: Quantificação dos resíduos perigosos.

Município	Lâmpadas un./ano	Toner un./ano	Pilhas e baterias un./ano	Vidros contaminados gramas/ano	Rejeito de análises e Kits Litros/ano	Filtros de osmose e máscaras un./ano
Anahy	6	1	8	100	24	2
Boa Vista da Aparecida	10	2	4	1000	120	6
Braganey	4	3	16	100	36	6
Campo Bonito	3	1	12	100	24	2
Capitão Leonidas Marques	15	6	12	200	60	8
Cascavel	193	54	221	45000	1492	112
Catanduvas	10	2	8	500	120	7
Céu Azul	5	6	15	200	36	8
Corbélia	10	12	20	1000	48	18
Diamante do Sul	2	1	4	50	24	2
Guaraniaçu	5	12	6	50	60	8
Ibema	4	3	12	400	24	4
Iguatu	5	3	24	100	50	2
Lindoeste	5	1	40	100	24	5
Matelândia	10	12	22	200	60	8

(Tabela 01 – cont.)

Município	Lâmpadas un./ano	Toner un./ano	Pilhas e baterias un./ano	Vidros contaminados gramas/ano	Rejeito de análises e Kits Litros/ano	Filtros de osmose e máscaras un./ano
Ramilândia	3	1	8	300	120	6
Santa Lúcia	5	2	4	200	60	2
Santa Tereza do Oeste	10	4	12	300	120	11
Três Barras do Paraná	5	3	10	1000	120	6
Total	310	129	458	50900	2622	223

Fonte: Os autores (2020)

Dentre os resíduos Classe 1, os rejeitos de análises, embalagens e kits são os que representam o maior volume de descarte, ou seja, equivalem a 2.622 litros ao ano. Segundo a NBR 10004:2004, os Resíduos Perigosos, devido suas características, podem causar riscos à saúde, levando à morte ou ao desenvolvimento de doenças. Assim, é de extrema importância que os empregados sejam orientados quanto ao uso obrigatório de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) na manipulação destes resíduos e que recebam informações para o correto acondicionamento, armazenamento e destinação final.

Como apresentado na Tabela 02, o lodo do tratamento de água representa grande parte dos resíduos gerados na atividade de saneamento básico. A geração de 10.156 m³ ao ano, indica que este tipo de resíduo pode provocar grande impacto ambiental, se não tratado de forma adequada.

Verifica-se também, um grande volume de resíduos orgânicos, 5.300,4 kg ao ano, composto principalmente por resíduos de borra de café, resíduos de chá e restos de alimentos. Assim, especialmente no município de Cascavel-PR, que produz 4.800 kg de resíduos orgânicos ao ano, justifica-se a implantação de um sistema de compostagem.

Tabela 02 :Quantificação dos resíduos não recicláveis.

Município e distritos	Papel Higiénico, Papel Toalha, luvas kg/ano	Orgânicos kg/ano	Uniformes kg/ano	Areia m³/ano	Lixo gradeado m³/ano	Escumam³/ano	Lodo Seco m²/ano	Lodo ETA m³/ano
Anahy	12		10					
Boa Vista da Aparecida	5	12	10					
Braganey	60		10					
Campo Bonito	12	2,4	5					
Capitão Leonidas Marques	96	96	35					
Cascavel	5040	4800	275	1740	840	756	3312	9600
Catanduvas	48		30					
Céu Azul	48	12	60	32	20	18	160	
Corbélia	480	48	30	72	36	30	360	
Diamante do Sul	24		1					
Guaraniaçu	240	180	12	72	36		120	396
Ibema	6	6	10					
Iguatu	60		5					
Lindoeste	36	24	20					
Matelândia	96	48	60	36	20	18	270	
Ramilândia	48		8					
Santa Lúcia	36	36	5					
Santa Tereza do Oeste	60	24	6					
Três Barras do Paraná	144	12	40	36	20	18	120	160
Total	6551	5300,4	632	1988	972	840	4342	10156

Fonte: Os autores (2020)

Ainda, conforme a Tabela 02, assim como no tratamento de água, no tratamento de esgoto o lodo destaca-se como principal resíduo do processo. O volume de 4.342 m³ ao ano, representa 53,32% dos resíduos gerados. Desta forma, é importante que sejam estudadas alternativas sustentáveis para destinação do lodo, a fim de garantir seu reaproveitamento para diminuir o impacto ambiental.

De acordo com a Tabela 03, os municípios de Santa Tereza do Oeste e Três Barras do Paraná, ambos no Estado do Paraná, utilizam uma grande quantidade de bombonas de produto químico para o tratamento de água. Como foi visto *in loco*, existe ali a possibilidade de instalação de *container*. Nesse sentido, a substituição de bombonas por *container* com maior capacidade de armazenamento, possibilitaria a diminuição de resíduos de plástico das bombonas.

Tabela 03: Quantificação dos resíduos recicláveis.

Município	Papel/Papelão kg/ano	Plástico kg/ano	Sacarias kg/ano	Bombonas un./ano	Tubulações kg/ano
Anahy	1	2	5	15	5
Boa Vista da Aparecida	36	6	2	15	10
Braganey	12	2,4	12	36	10
Campo Bonito	6	2,4	6		
Capitão Leonidas Marques	240	24	60	156	40
Cascavel	3732	2652	256,2	653	14400
Catanduvas	384	120	6	300	240
Céu Azul	72	12	24	120	360
Corbélia	240	360	5	132	240
Diamante do Sul	5	1	2,4	24	
Guaraniaçu	180	84	3,6	48	240
Ibema	12	6	6	48	24

(Tabela 03 – cont.)

(Tabela 03 – cont.)

Município	Papel/Papelão kg/ano	Plástico kg/ano	Sacarias kg/ano	Bombonas un./ano	Tubulações kg/ano
Iguatu	24		6	36	60
Lindoeste	24	12	12	6	60
Matelândia	144	48	60	240	1200
Ramilândia	72	36	6	48	480
Santa Lúcia	24	6		10	120
Santa Tereza do Oeste	48	12	60	600	360
Três Barras do Paraná	48	12	24	600	600
Total	5304	3397,8	556,2	3087	18449

Fonte: Os autores (2020)

Os resíduos de papel e papelão, somam 5.304 kg ao ano e representam 17,22% dos resíduos recicláveis. A substituição por meio digital, das ordens de serviço em papel, está sendo adotada na gerência e fará com que a geração desse resíduo seja reduzida drasticamente, diminuindo os custos da empresa e o impacto ambiental.

Em todos os locais foi observada a separação dos resíduos por meio de lixeiras identificadas. Atualmente, a gerência estimula a separação dos resíduos recicláveis e não recicláveis, mas, futuramente, pretende-se realizar a separação, de acordo com o padrão de cores Conama 275/2011. Além da segregação dos resíduos, é recomendável que sejam instaladas lixeiras com tampa nas áreas externas, a fim de evitar o acúmulo de água, que pode servir de criadouro de larvas, como também a proliferação de insetos e roedores transmissores de doenças.

Verificou-se ainda, que está sendo implantada em toda gerência uma planilha de controle para movimentação dos resíduos recicláveis. Entretanto, conforme estabelecido nas NBR 12.235/1992 – Armazenamento de resíduos sólidos perigosos e NBR 11174/1990 – Armazenamento de resíduos Classe II, faz-se necessário o registro de movimentação para todos os resíduos, cuja adoção deve ser estabelecida.

Considerações finais

Dentre os resíduos perigosos, o rejeito de análises e kits representa o maior volume de descarte, uma vez que este resíduo é produzido diariamente no controle de qualidade de água e esgoto. De acordo com os documentos analisados, verificou-se que a gerência com sede em Cascavel-PR, atende às legislações pertinentes quanto à destinação final dos resíduos perigosos.

Os lodos gerados nos tratamentos de água e de esgoto constituem o resíduo produzido em maior volume nas atividades de saneamento, e, considerando-se o aterro sanitário como o último local para disposição final, faz-se necessária a implantação de alternativas de reaproveitamento, como a destinação à agricultura, diminuindo assim, o volume de lixo que sobrecarrega os aterros sanitários.

Foi possível verificar que a maioria dos empregados tem realizado a separação e a destinação adequada dos resíduos recicláveis, o que tem contribuído para geração de renda aos trabalhadores das cooperativas e redução de danos ambientais. Os programas de EA existentes na gerência são importantes ferramentas na gestão dos resíduos. Desta forma, a continuidade desses programas garante a participação dos empregados em relação ao atendimento às exigências legais, como também, a adoção de práticas que contribuem para o manejo adequado dos RS.

Diante da relevância do tema, a gestão adequada dos RS traz benefícios econômicos, sociais e ambientais, uma vez que diminui os impactos ambientais provenientes dos processos de tratamento de água e esgoto e contribui para a sustentabilidade nas atividades de saneamento básico.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2017**. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT . **NBR 10004**: Resíduos sólidos – Classificação. 2 ed. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 11174**: Armazenamento de resíduos classes II -não inertes e III - inertes. Rio de Janeiro, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 12235**: Armazenamento de resíduos sólidos perigosos. Rio de Janeiro, 1992.

BATISTA, C. B. S. **Panorama dos resíduos dos serviços públicos de saneamento básico no Brasil**. 2018. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2018.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O. de. **Lodo de esgoto: impactos ambientais na agricultura**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006.

BITTENCOURT, S.; AISSE, M. M.; SERRAT, B. M. Gestão do uso agrícola do lodo de esgoto: estudo de caso do estado do Paraná, Brasil. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 6, p. 1129-1139, Dez. 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522017156260>>. Acesso em 21 de mar. 2020.

BRASIL. Lei. 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 24 de novembro de 2020.

BRASIL. Decreto n. 7404, de 23 dezembro de 2010. Regulamenta a Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da União**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7404.htm. Acesso em: 24 de novembro de 2020.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Plano nacional de resíduos sólidos**. Brasília: Diário Oficial da União, 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente; ICLEI BRASIL. **Planos de gestão de resíduos sólidos: manual de orientação - apoiando a implementação da política nacional de resíduos sólidos - do nacional ao local**. 2012. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/182/_arquivos/manual_de_residuos_solidos3003_182.pdf> Acesso em: 25 de setembro. 2019.

PARANÁ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. SEMA. **Resolução n° 21**, de 22 de abril de 2009. Curitiba, 2009.

SANEPAR. Companhia de Saneamento do Paraná. Unidade Regional Cascavel – URCA. **Relatório de Gestão**. Cascavel, 2018.

VELLOSO, M. P. **Os restos na história: percepções sobre resíduos**. Ciênc. saúde coletiva, Rio de Janeiro , v. 13, n. 6, p. 1953-1964, Dez. 2008 Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S141381232008000600031&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 14 set. 2019.

WILSON, D. C. **Development drivers for waste management**. *Waste Management & Research*, [s.l.], v. 25, n. 3, p.198-207, jun. 2007. SAGE Publications.

Capítulo 15

RESÍDUOS SÓLIDOS E LOGÍSTICA REVERSA

Denise Maria Chieza Medeiros
Cibele Bender Raio

Introdução

Historicamente, a noção de cidade tem sido atribuída à concentração populacional (IBGE, 2016) e, nos últimos 50 anos, o aumento da população nos centros urbanos é crescente. A busca por melhores condições de vida e trabalho, obrigaram milhares de pessoas a deixarem as zonas rurais e as regiões mais pobres do país, para se estabelecerem nas grandes cidades, formando aglomerações urbanas sem as condições ideais de serviços básicos, tais como saúde, educação, transporte e saneamento básico.

O saneamento básico, segundo o PLAN SAB, é definido como o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. Estes formam um conjunto de serviços de grande relevância para a sociedade, impactando em todos os outros aspectos da vida urbana, principalmente aos relacionados à saúde, de acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA) (PLAN SAB, 2014).

As áreas de saneamento e saúde estão intimamente ligadas. Dados da Organização Mundial da Saúde (OMS)

revelam que, a cada R\$ 1,00 investido em saneamento básico, são economizados R\$ 9,00 no sistema de saúde (FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE, 2017).

A falta de saneamento básico, ou a ineficiência da prestação desses serviços, contribui fortemente para a precariedade da saúde pública de uma localidade. Isso fica bastante evidenciado no Brasil, ao se observar a qualidade da maioria dos corpos d'água urbanos, a qualidade de vida do cidadão e o elevado nível de susceptibilidade da população às doenças de veiculação hídrica (FERREIRA et al., 2016). Neste contexto, a gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) tem parcela fundamental na conexão entre saneamento e saúde. Segundo dados do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, em 2018, foram geradas no país 79 milhões de toneladas de lixo, sendo 59,5% deste total (43,3 milhões de toneladas) dispostos em aterros sanitários (ABRELPE, 2019).

Isso evidencia que, pouco menos da metade do lixo produzido no país (40,5%), vai para destinação final inadequada (aterros controlados e lixões), por mais de 3.000 municípios brasileiros. O mesmo documento afirma que a população brasileira gerou, diariamente, em 2018, quase 1,0 kg de lixo por habitante (0,956 kg/hab/dia) (ABRELPE, 2019). Neste sentido, a coleta seletiva é essencial para evitar que muitos materiais com potencial de reciclagem, acabem seguindo para os aterros, de forma a prolongar sua vida útil, bem como proporcionar oportunidades de emprego e renda a milhares de pessoas, por meio da reciclagem.

Segundo o Plano de Coleta Seletiva de Toledo-PR, instituído pela Lei nº 2.227/16, este município tem uma geração de resíduos domiciliares de 0,50 kg/habitante/dia, abaixo da estimativa de geração estimada pelo Ministério das Cidades, para municípios com mais de 100.000 habitantes, pelo que se estima em 0,80kg/habitante/dia. A diferença foi atribuída ao sucesso das campanhas de conscientização realizadas (TOLEDO, 2016).

A concentração populacional nas áreas urbanas é um evento atual e com tendência a aumento gradativo e, por conseguinte, a geração de lixo também. Segundo estudo realizado

por profissionais da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) Gestão Territorial de São Paulo, concluiu-se que 84,3% da população brasileira vivem em áreas consideradas urbanas no Brasil, ou seja 1% do território nacional concentra 160 milhões de pessoas (EMBRAPA, 2017). Assim, com esse panorama, vê-se quão urgente é a destinação correta dos resíduos gerados. Porém, para que aconteça, se faz necessária a participação de todos os segmentos da sociedade envolvidos no processo, em atendimento ao previsto na legislação, quanto à responsabilidade pelo resíduo gerado e participação no processo de reciclagem.

Do mesmo modo, demanda-se esforço do poder público no que tange à conscientização da população com campanhas e publicidade que informem e promovam o comprometimento de todos, bem como a mudança de hábitos da população, para atender ao proposto.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/10, contém instrumentos importantes para que os resíduos sejam manejados de forma adequada para sua redução e propõe a prática de hábitos de consumo sustentável (BRASIL, 2010).

Essa mesma política, por meio do apregoado na Lei, propicia o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos, bem como a destinação ambientalmente correta dos rejeitos. Institui, também, a responsabilidade compartilhada dos geradores de resíduos, de todos os que fazem parte da cadeia de consumo e define a logística reversa dos resíduos e embalagens após seu consumo (BRASIL, 2010). A este respeito, Santos (2015, p. 266), discorre sobre a responsabilidade compartilhada como

[...] uma série de ações encadeadas e individualizadas entre tais agentes, não se nega que a atuação do consumidor restringe-se à devolução dos resíduos em seus postos de coleta, da mesma forma que a atuação dos comerciantes e distribuidores diz respeito ao retorno de tais resíduos ao fabricante, a quem, por sua vez, incumbe proceder à adequada destinação ou disposição final do lixo.

Nesse contexto, muitas embalagens plásticas são rejeitadas nas cooperativas e/ou associações, por não haver mercado para sua comercialização ou por terem valor insignificante, acabando em aterro sanitário municipal. Assim, o trabalho realizado por essas instituições é de fundamental importância, como agentes ambientais na gestão dos resíduos sólidos, visto que, além de gerar empregos e renda para muitas famílias, evitam que muitos materiais que iriam para o aterro sejam comercializados (SANTOS, 2015).

Diversos desses materiais demandam muito tempo na triagem e pouco agregam em valores financeiros para as cooperativas. Nesse sentido, parece justo que os fabricantes compensem as cooperativas pelo serviço ambiental que seus trabalhadores exercem, de forma a incrementar sua remuneração.

Esta pesquisa foi realizada com embalagens plásticas com o “Filmes de BOPP”, material polipropileno orientado biaxialmente (*biaxially oriented polypropylene*) e obtido por meio de um processo de transformação da resina granulada de polipropileno. O polipropileno provém do propeno que, por sua vez, é um subproduto da nafta, resultante da destilação fracionada do petróleo (MIGUEL et al., 2003).

Também, esta pesquisa trabalhou com embalagens de “filme PP estralador”, material utilizado em rótulos da garrafa PET, produtos têxteis, dentre outros. Para ser reciclado, “o PP filme precisa ser separado, aglutinado, extrusado e, por fim, processado e transformado novamente em filme. As perspectivas para a reciclagem do PP filme não são muito boas no curto prazo” (JORGE, 2015, p. 104).

Ressalta-se que os dois tipos de embalagens estão sendo usados em grande escala pela indústria alimentícia, por serem eficientes na conservação dos alimentos, não permitirem o contato com gases atmosféricos, variações de temperatura e umidade, além de aceitarem fácil coloração e impressão (JORGE, 2015).

Tem-se que, apesar de ser possível reciclar tais embalagens, o mercado para sua reciclagem é reduzido e tem baixa

remuneração. Ademais, outro fator que dificulta a reciclagem são as condições de sujidade das embalagens quando chegam ao aterro, o que praticamente inviabiliza o processo. Em Toledo-PR, esse tipo de embalagem não tem valor comercial e é disposto no aterro sanitário. Trata-se de um resíduo que, além de não gerar renda aos trabalhadores, gera custo para a prefeitura, pois as embalagens são dispostas no aterro sanitário municipal, quando deveriam, segundo a Lei nº 12.305/2010, ser recolhidas e recicladas pelos seus fabricantes, cumprindo assim, o previsto na legislação, no que tange à responsabilidade compartilhada e ao ciclo da logística reversa. Conforme prevê seu art. 6º, inciso II, “São princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos: II - o poluidor-pagador e o protetor-recebedor” (BRASIL, 2010). Assim, poderiam – e acredita-se que deveriam - ser enquadradas as embalagens, objetos deste estudo. Outrossim, neste mesmo sentido e, em conformidade com o art. 33 desta Lei, fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes

São obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos: I - agrotóxicos, seus resíduos e embalagens; II - pilhas e baterias; III - pneus; IV - óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens; V – lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista; VI - produtos eletroeletrônicos e seus componentes.

§ 1º Na forma do disposto em regulamento ou em acordos setoriais e termos de compromisso firmados entre o poder público e o setor empresarial, os sistemas previstos no caput serão estendidos a produtos comercializados em embalagens plásticas, metálicas ou de vidro, e aos demais produtos e embalagens, considerando, prioritariamente, o grau e a extensão do impacto à saúde pública e ao meio ambiente dos resíduos gerados.

A legislação prevê, ainda, que a obrigatoriedade de estruturação e implementação do sistema deve se estender a produtos

comercializados em embalagens plásticas, metálicas ou de vidro. Ainda, em Brasil (2010), art. 33, cabe aos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes destes produtos e embalagens tomar todas as medidas necessárias para assegurar a implementação e operacionalização do sistema de logística reversa sob seu encargo, podendo, entre outras medidas:

- I - implantar procedimentos de compra de produtos ou embalagens usados;
- II - disponibilizar postos de entrega de resíduos reutilizáveis e recicláveis;
- III - atuar em parceria com cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis, nos casos de que trata o § 1º.

A quantificação das embalagens que chegam ao aterro sanitário e que se enquadram no disposto na Lei nº 12.305/2010, no que tange à logística reversa e/ou na responsabilidade compartilhada, é o primeiro passo para identificação dos seus produtores e revendedores, para possível responsabilização dos mesmos.

Com a aplicação da responsabilidade compartilhada no ciclo de vida do produto, entende-se ser possível contribuir para que o resíduo gerado a partir de seu produto tenha uma destinação ambientalmente adequada e que os agentes ambientais recebam remuneração pelo serviço prestado.

Nesse sentido, esta pesquisa buscou quantificar as embalagens plásticas sem valor comercial para a reciclagem, de forma a abrir a possibilidade dos fabricantes ressarcirem financeiramente a Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis de Toledo-PR, pela sua atuação em segregar o material, intervindo como agente ambiental gerador de emprego e renda.

Resíduos sólidos

A PNRS conforme já enfatizado, contém instrumentos importantes para que os resíduos sejam manejados; porém, um dos grandes desafios é a melhoria da geração de renda dos agentes ambientais que trabalham nas associações onde ocorre o manejo

do material coletado. O benefício ambiental e social desse trabalho é bastante visível, porém é necessário que produza renda mínima aos trabalhadores (BRASIL, 2010).

De acordo com Silva Filho e Soler (2015, p. 77), o instituto da PNRS tem objetivos próprios, que estão disposto na Lei n. 12.305/2010, de modo que se evidenciam os seguintes: redução da geração de resíduos sólidos; promoção do aproveitamento de resíduos; redução da poluição e dos danos ao meio ambiente.

Esse instituto inovador da PNRS, que está alinhado com o princípio da hierarquia na gestão de resíduos e lança as bases para a viabilização dos sistemas de logística reversa, tem objetivos próprios, que estão enumerados na Lei Federal n. 12.305/2010. Entre eles, destacam-se: promover o aproveitamento dos resíduos, direcionando-os para uma nova cadeia produtiva; reduzir a geração de resíduos sólidos, o desperdício de materiais, a poluição e os danos ambientais; incentivar o uso de insumos de menor agressividade ao meio ambiente de maior sustentabilidade; estimular o desenvolvimento de mercado, a produção e o consumo de produtos de materiais reciclados e recicláveis, e incentivar as boas práticas de responsabilidade socioambiental.

Uma das possibilidades de incremento de renda e, consequentemente, do aumento da reciclagem desses resíduos, é a implementação da responsabilidade compartilhada e a logística reversa, previstas no art. 3º da Lei nº 12.305/2010. Assim, entende-se por coleta seletiva, a coleta de resíduos sólidos previamente segregados conforme sua constituição ou composição; por logística reversa, o instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010).

Além do cenário brasileiro, já disposto na introdução deste capítulo, a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe), realizou um levantamento na

região Sul do Brasil, e constatou aumento de 26% na geração per capita de resíduos sólidos urbanos em 2018, comparados ao ano de 2017. Nesse mesmo período foi implantada a coleta seletiva em cinco municípios (ABRELPE, 2019).

Ainda, segundo a Abrelpe (2019), 73% dos municípios brasileiros contam com programas de coleta seletiva, entretanto, muitos deles têm serviços incipientes e não atingem todos os bairros. Sem dúvida, há um longo trajeto a percorrer, porém, pesquisas indicam avanços no sentido de diminuição per capita de geração de resíduos. No Estado do Paraná, por exemplo, comparando-se 2017 e 2018, houve uma diminuição de 150 toneladas/ano, o que representa uma diminuição de 5,25% na geração de resíduos e, no que tange a per capita, houve uma diminuição de 14 kg/habitante/ano, o que indica que a população tem mudado seus hábitos gradativamente.

Portanto, como ação concreta de adequação ao proposto na PNRS, a coleta seletiva está sendo implantada de forma crescente nos municípios da região Sul do Brasil. Com esse aumento, a expectativa é que o crescimento do mercado dos recicláveis e, conseqüentemente, a necessidade de agentes para processar esse material coletado, além de políticas municipais para o funcionamento do processo, seja promovida a inclusão social, a geração de emprego e a renda adequada aos agentes ambientais.

Nesse sentido, faz-se necessária a adequação a PNRS, no que diz respeito à logística reversa e outras formas de implementar a responsabilidade compartilhada de todos os que participam na cadeia do consumo. Os municípios precisam implementar formas para gerir e garantir que a parte ambiental seja atendida juntamente com a parte econômica.

Os resíduos que devem ter a logística reversa obrigatoriamente implantada, compõem cadeias independentes de responsabilidade de empresas particulares, o que significa que não farão parte do sistema público de limpeza (ABRELPE, 2015).

Segundo Barbosa e Ibrahim (2014, p. 127), são inúmeras as vantagens da implantação da lógica reversa, posto que

O benefício da logística reversa não é apenas a minimização dos impactos ambientais. Ocorre diminuição da geração de resíduos, mas também há outros benefícios indiretos, como economia dos custos de produção, diminuição da extração de matéria-prima da natureza, economia de energia, diminuição da contaminação do meio ambiente e diminuição dos gastos com a gestão dos resíduos.

Especificamente, o município pesquisado localiza-se na região oeste do Estado do Paraná, com 140.635 habitantes em 2019 (IBGE, *online*). Possui um aterro sanitário licenciado junto ao Instituto Ambiental do Paraná (IAP), para receber apenas resíduos sólidos domiciliares. Seu Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, “é o resultado do envolvimento de diferentes setores da administração pública e da sociedade civil, com o propósito de realizar a limpeza urbana: a coleta, o tratamento e a disposição final dos resíduos sólidos” (TOLEDO, 2011, p. 8).

Esses resíduos são recolhidos em todo o município por caminhões e levados ao aterro. A coleta dos resíduos se dá porta a porta e, também, nos containers espalhados pela área central da cidade. Nas dependências do aterro sanitário funciona a Cooperativa de Catadores que faz a gestão dos resíduos sólidos que chegam ao aterro.

Materiais e métodos

Para quantificar as embalagens plásticas já especificadas anteriormente, que chegam ao aterro municipal, provenientes da coleta seletiva do município de Toledo-PR, foi utilizado o método do quarteamento (Norma ABNT NBR 10.007/2004), cuja definição segundo a ABNT (2004, p. 23) é a seguinte:

processo de divisão em quatro partes iguais de uma amostra pré-homogeneizada, sendo tomadas duas partes opostas entre si para constituir uma nova amostra e descartadas as partes restantes. As partes não descartadas são misturadas totalmente e o processo de quarteamento é repetido até que se obtenha o volume desejado.

A determinação da composição gravimétrica dos resíduos foi realizada no mês de agosto de 2019. Para a realização do quarteramento, pesou-se o volume diário de resíduos que vão para o aterro após terem passado pelas esteiras de triagem e seleção de materiais com valor comercial.

O caminhão vazio foi pesado e depois com os resíduos a serem transportados ao aterro, resultando em 3.500kg. Em seguida, despejou-se esse volume e uma amostra de 4 galões de 200 kg cada foi coletada, sendo descartados dois galões. Por sua vez, os dois restantes foram, novamente homogeneizados e separados em 4 partes, resultando em 4 galões de 100 kg cada, pelo que foram descartados dois deles, resultando em 200 kg de rejeitos, os quais foram separados por categorias.

Na sequência, as embalagens filme PP estralador e as BOPP foram quantificadas e identificadas por marca do fabricante, chegando-se aos resultados apresentados a seguir.

Resultados e discussão

A amostragem de um dia de operação da Associação dos Catadores (AC) indicou que as embalagens filme estão presentes nos resíduos de forma bastante significativa, já que na amostra coletada foram identificadas 941 embalagens desse tipo de material, divididas entre 306 diferentes marcas.

Isso sugere que, no caso de cumprimento da Lei nº 12.305/10 quanto à responsabilidade compartilhada, muitos fabricantes teriam que ser parceiros no processamento e destinação desse material, o qual fica sob responsabilidade apenas da AC, sem nenhum retorno financeiro pelo serviço prestado. Além, deve-se considerar que tais embalagens são dispostas no aterro sanitário municipal, o que contribui com a diminuição de sua vida útil. A seguir, a Tabela 01 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 01: Caracterização gravimétrica da amostra.

Composição	%
PEAD (Rígido)	17,5
Papel	20,85
EPS (Isopor/Bandeja)	6,95
BOPP	2,05
PEBD (Filme)	5
PP (Estralador)	2,05
OS (Copo descartável)	3
Metal	3,5
Matéria orgânica	33,5
Outros	5,6
Total	100

Fonte: As autoras (2019)

Pesquisa realizada em 2016 por Alckmin e Ribeiro Junior (2017), na cidade de Maria da Fé-MG, sobre a caracterização gravimétrica da amostra estudada em um aterro sanitário da cidade, encontrou: papel/papelão (11,1%); matéria orgânica (55,6%); metal (2,80%); plástico (12,2%); vidro (2,80%); outros (12,7%).

Observa-se que no que tange ao plástico – tipo de embalagens dessa pesquisa – é praticamente a mesma caracterização gravimétrica da cidade de Toledo-PR, com 12,1%. Baseando-se em dados do Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano do Brasil, Ribeiro (2014, p. 245), apontou os seguintes dados nacionais, referentes ao ano de 2014:

Os resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil apresentam a seguinte composição gravimétrica: 31,9% de material reciclável, 51,4 % de matéria orgânica e 16,7 % de outros materiais. Entre os recicláveis, 2,9% são metais, 2,3% aço, 0,6% alumínio, 13,1% papel, papelão e embalagens longa vida, 13,5% plástico total, 8,9% plástico filme, 4,6% plástico rígido e 2,4% vidro.

Do mesmo modo, não houve significativas mudanças em relação aos números apresentados na cidade de Toledo-PR, os quais, no tocante à quantificação e identificação das embalagens filme PP estralador e as BOPP, foram os seguintes:

Tabela 02: Embalagens filme PP estralador.

Marca	Quantidade	%
1	22	4,82
2	21	4,61
3	17	3,73
4	15	3,29
5	12	2,63
6	12	2,63
7	9	1,97
8	9	1,97
9	8	1,75
10	8	1,75
TOTAL	133	29,17

Fonte: As autoras (2019)

Foram contabilizadas 456 embalagens do tipo PP estralador, referentes a 198 marcas. As 10 marcas que apresentaram o maior número fazem parte da tabela 03, representadas por uma sequência numérica para preservar o nome do fabricante. Essas representam 29.17% do total, ficando ainda, outras 323 embalagens, distribuídas entre 188 marcas, as quais representam 73% do total das embalagens quantificadas.

Tabela 03: Embalagens BOPP.

Marca	Quantidade	%
1	51	10,52
2	45	9,28
3	36	7,42
4	33	6,80
5	28	5,77
6	24	4,95
7	19	3,92
8	16	3,30
9	12	2,47
10	12	2,47
TOTAL	276	56,91

Fonte: As autoras (2019)

Foram contabilizadas 485 embalagens do tipo BOPP, sendo de 108 marcas diferentes. As 10 marcas que apresentaram o maior número de embalagens compõem a tabela 03 (acima), representadas por uma sequência numérica para preservar o nome do fabricante. Essas, representam 56.91% do total, ficando ainda, outras 209 embalagens divididas em 98 marcas que representam 43,09% do total das embalagens quantificadas.

Foi observada grande quantidade de matéria orgânica presente nos resíduos recolhidos para reciclagem, o que mostra que os resíduos recicláveis muitas vezes chegam contaminados e sem as condições ideais para o processo, o que denota a necessidade também, de uma campanha de conscientização da população quanto ao modo correto de separação e descarte dos resíduos para reciclagem.

Nesse mesmo sentido, considerando o volume de embalagens coletadas na amostra representativa de apenas um dia de operação, ao considerar 20 dias de trabalho, chega-se à conclusão

de que, em um mês, seriam 18.820 embalagens e em um ano somariam 225.840 embalagens, números bastante significativos.

Considerações finais

Chegou-se ao entendimento de que os resíduos são um problema mundial, em virtude do grande número produzido pela população e que a reciclagem, coleta seletiva e logística reversa pode contribuir para a diminuição desse problema.

Além disto, foi possível depreender que a responsabilidade compartilhada acerca dos resíduos, também é fundamental no enfrentamento de tal problemática, mas infelizmente, os diversos responsáveis, inclusive legalmente, não assumem tais responsabilidades.

É o caso do aterro sanitário da cidade de Toledo-PR, no que tange às embalagens com materiais de filme PP estralador e filme BOPP, visto que, quando são encaminhadas à Cooperativa de Catadores, estes selecionam e fazem todo o trabalho necessário. Entretanto, essa mão de obra é inviável, necessitando de ajuda financeira para continuidade desse importante trabalho como agentes ambientais.

Em apenas um dia de pesquisa, foram separadas mais de 900 embalagens com esses materiais, um número elevado, o que denota a necessidade dessa coleta seletiva e logística reversa, pelo que se considera plausível e possível que os próprios fabricantes dos produtos que utilizam essas embalagens possam – e devam, inclusive legalmente – arcar com essa produção. Isto porque, essas embalagens não são lucrativas para os associados, tendo um custo muito aquém do mínimo necessário.

Assim, frente aos números elevados das embalagens com esses materiais no local de estudo e de toda a necessidade acerca do cuidado com os resíduos, bem como da responsabilidade compartilhada prevista em lei, enfatiza-se a possibilidade de os produtores que utilizam esses materiais manterem a Cooperativa de Catadores de Recicláveis de Toledo-PR. A ideia é que sejam rentáveis, de modo que os trabalhadores consigam obter uma renda mínima para que a reciclagem continue.

Os resultados auferidos indicam que o número de embalagens recicladas poderia se transformar em retorno financeiro à AC, havendo responsabilidade compartilhada com relação à destinação das mesmas. Essa pesquisa poderá servir como base para outras e para o desenvolvimento de projetos que visem a implementação da responsabilidade compartilhada das embalagens plásticas com filme PP estralador e filme BOPP, encaminhados à AC de material reciclável da cidade de Toledo-PR.

Referências

ALKMIN, D. V.; RIBEIRO JUNIOR, L. U. Determinação da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos (RSU) do lixão do município de Maria da Fé, estado de Minas Gerais. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 18, n. 61, p. 65-52, mar. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. **Estimativas dos Custos para Viabilizar a Universalização da Destinação Adequada de Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo: ABRELPE, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018/2019**. São Paulo: ABRELPE, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10.007**: amostragem de resíduos sólidos. São Paulo: ABNT, 2019.

BARBOSA, R. P. ; IBRAHIN, F. I. D. **Resíduos sólidos: impactos, manejo e gestão ambiental**. 1. ed. São Paulo: Érica, 2014.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 2 ago. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm> Acesso em 06 abr. 2020.

BRASIL. Plano Nacional de Saneamento Básico. Ministério do Meio Ambiente, *online*. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/informma/item/485-plano-nacional-de-saneamento-b%C3%A1sico.html>> Acesso em 10 fev. 2020.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMPRAPA. **Mais de 80% da população brasileira habita 0,63% do território nacional**. Brasília: EMBRAPA, 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/28840923/mais-de-80-da-populacao-brasileira-habita-063-do-territorio-nacional>>. Acesso em 08 dez. 2019.

FERREIRA, P. da S. F. et. al. Avaliação preliminar dos efeitos da ineficiência dos serviços de saneamento na saúde pública brasileira. **Revista Internacional de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 06, n. 02, jul-dez 2016, p. 214-229. Disponível em: <<https://doi.org/10.12957/ric.2016.24809>> Acesso em 25 mar. 2020.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE – FUNAS. “Cada real gasto em saneamento economiza nove em saúde”, disse ministro da Saúde. **Ministério da Saúde**, 28 de novembro de 2017. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/todas-as-noticias/-/asset_publisher/1pnzx3b-JYv7G/content/-cada-real-gasto-em-saneamento-economiza-nove-em-saude-disse-ministro-da-saude?inheritRedirect=false>. Acesso em 07 mar. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Arranjos populacionais e concentrações urbanas no Brasil**. Coordenação de Geografia. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps/arranjos_populacionais/2015/pdf/publicacao.pdf> Acesso em 23 abr. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Dados do Município de Toledo, Paraná**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/toledo/panorama>> Acesso 4 mar. 2020.

JORGE, L. M. **A cadeia de reciclagem do plástico pós-consumo na Região Metropolitana de Porto Alegre.**, 2015. 175f. Dissertação (Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

MIGUEL, P. A. C. et. al. Desdobramento da qualidade no desenvolvimento de filmes flexíveis para embalagens. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, São Paulo, v. 13, n. 2, jun. 2003, p. 87-94, jun. 2003. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/po/v13n2/16575.pdf>> Acesso em 05 abr. 2020.

PLANO NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO – PLANSAB. **Plano Nacional de Saneamento Básico**. Brasília: Ministério das Cidades Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental Brasília, 2014.

RIBEIRO, W. A. Introdução à lei da política nacional de resíduos sólidos. *In*: SAIANI, C. C. S.; DOURADO, J.; TONETO JÚNIOR, R. **Resíduos sólidos no Brasil**: oportunidades e desafios da Lei Federal nº 12.305 (lei de resíduos sólidos). Barueri, SP: Minha Editora, p. 103-169, 2014.

SANTOS, M. C. de M. A responsabilidade compartilhada na Política Nacional de Resíduos Sólidos: uma análise da eficácia das disposições relativas ao consumidor. **Revista Direito Ambiental e sociedade**, v. 5, n. 1, p. 248-276 2015.

SILVA FILHO, C. R. V. R. V. ; SOLER, F.D. **Gestão de resíduos sólidos**: o que diz a lei. 3. ed. São Paulo: Trevisan Editora, 2015.

TOLEDO. Lei nº . 2.227, de 5 de julho de 2016. Aprova o Plano de Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos do Município de Toledo – PMCS. **Diário Oficial [do] Município de Toledo**, Poder Executivo, Toledo, PR, 5 jul. 2016. Disponível em: <http://www.toledo.pr.gov.br/sapl/sapl_documentos/norma_juridica/9250_texto_integral> Acesso em 06 abr. 2020.

TOLEDO. **Plano Integrado Municipal de Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Toledo**. 2. ed. Toledo, 2011. Disponível em: <<https://www.toledo.pr.gov.br/sites/default/files/book/schererpmgrs/toledo06setembro2007alteracao02.pdf>> Acesso em 06 abr. 2020.

Capítulo 16

GESTÃO DE LODO E MECANISMOS DE CONTROLE DE CHEIAS

Evori Roberto Patzlaff
Kleber Gomes Ramirez

Introdução

O sistema de drenagem é utilizado para o escoamento das águas pluviais por meio de tubulações e dispositivos até o corpo receptor, com a finalidade de propiciar a coleta das águas captadas até as galerias, possibilitando aos pedestres e veículos condições de transitar sem prejuízos (CANHOLI, 2015).

Vários fatores são responsáveis pelo aumento dos alagamentos, sendo um deles a impermeabilização do solo pelas construções. O setor público municipal fiscaliza somente a parte inicial das construções regulares após a solicitação do “habite-se”,¹ vistoria na obra para conferir a taxa de permeabilidade; em Foz do Iguaçu-PR, é de 20% da área do terreno conforme guia amarela². Com o passar do tempo, a tendência é o aumento da área impermeável, com a ampliação das construções sem a regularização e o conhecimento da fiscalização. Assim, nas áreas centrais, os problemas de drenagem

-
- 1 Vistoria pelo poder público municipal para confirmar que a obra atende os quesitos dos projetos aprovados e autoriza habitação do imóvel.
 - 2 Documento emitido pela prefeitura o qual informa sobre o uso e ocupação do solo, definindo o que é permitido construir e as restrições do imóvel.

são recorrentes até em chuvas normais, dentro das médias históricas – é lá que se agravam ainda mais quando a intensidade de chuva é maior (TUCCI e BERTONI, 2003).

Os prejuízos causados pelas enchentes e alagamentos vão além dos prejuízos materiais, pois causam doenças e mortes (FREITAS e XIMENES, 2012).

Uma reestruturação dos sistemas de drenagem nas cidades causa grande impacto visual e financeiro, tornando-se inviáveis em relação ao custo benefício e exigindo grande volume de investimento por parte do poder público. Projetos como os “piscinões”³ auxiliam o sistema de drenagem urbano para retenção de grande volume de água, porém são necessárias grandes áreas para a contenção do fluxo e a manutenção desse sistema, tornando-se problemas para o setor público e para a população local.

Este capítulo consiste em um estudo da possibilidade de implantação de dispositivo para auxiliar o sistema de drenagem, como forma de evitar o colapso e, conseqüentemente, os alagamentos. Para isso, o dispositivo deve possibilitar a retenção de uma parte do volume das águas pluviais em pequenos poços, construídos mediante análise do solo e dos índices de vazios em material granular com o dimensionamento e cálculo do volume de água a ser retido e percolado no sumidouro.

Análise do solo

Um estudo geológico e geotécnico foi realizado pela empresa Geocataratas, para a viabilidade de implantação de um condomínio na cidade de Foz do Iguaçu-PR, com área de 73.761,41m², atendendo à Resolução SEMA nº 031/98 e ao Artigo 3º da Lei Federal nº 6.766/79, localizado no bairro Jardim Bourbon com coordenadas DATUM SAD 69 UTM (M.C 57º W Gr. – Fuso 21J) 745.700m E, e 7.170.500m N e coordenadas

3 Reservatórios construídos a céu aberto para retenção e acúmulo de águas pluviais.

geográficas latitude 25°33'43,7" S e longitude 54°33'22,4" W com sua altitude em relação ao nível do mar em 215,0 m.

Conforme estudo do solo realizado pela referida empresa para o condomínio em Foz do Iguaçu, foram realizadas 11 sondagens a trado para identificar o perfil do solo e o nível do lençol freático, e 4 testes de percolação para determinar o coeficiente de infiltração de água no solo do terreno. Fez-se a caracterização regional do relevo o qual pertence ao terceiro Planalto Paranaense denominado de Planáltico de Guarapuava, na descrição geomorfológica corresponde ao planalto monoclinal, com inclusão para oeste, devido ao mergulho das rochas da Província Paraná, sendo a região de estudo situada entre o rio Iguaçu e o lago de Itaipu de terrenos basálticos.

Conforme observado ainda pelo estudo do solo para implantação do condomínio no Jardim Bourbon, Foz do Iguaçu-PR está inserida na formação Serra Geral do Grupo São Bento, constituída de rochas basálticas de composição ferromagnesianas, de coloração cinza e negra, de estrutura maciça e de textura afanítica e vesicular; o subsolo e o solo do município são formados pelas rochas eruptivas básicas com diversos materiais. De acordo com a Embrapa (2018), os solos da região (Tabela 01) são classificados como:

Tabela 01: Classificação dos solos.

Latossolo	solos argilosos, residual maduro, de coloração arroxeada, profundos, porosos, acentuadamente drenados e com argila de baixa capacidade de troca de cátions, se apresentam nas topografias mais altas e aplainadas da região.
Nitossolos	são compreendidos os solos de horizonte B textural, com argila predominante caulínica, avermelhados, profundos, argilosos, porosos e bem drenados encontrados em áreas com relevo ondulado.
Neossolos	são solos em contínuo processo de rejuvenescimento devido à proximidade do material de origem, formado por argilas de média e alta atividade com elevada porcentagem de materiais primários, pouco resistentes ao intemperismo, ou pequenos fragmentos ocorrendo em vales e leitos de rios ou em topo rochoso.
Solos Hidromórficos	ocorrem normalmente ao lado do sedimento das drenagens maiores, originando pequena declividade local, a qual provoca a saturação e hidromorfização dos solos em paralelo com restrita acumulação colúvio-aluvial com cores neutras a acinzentadas.

Fonte: HUMBERTO, EMBRAPA (2018)

Com a análise do material retirado das sondagens a trado realizadas na área do empreendimento do estudo para implantação do condomínio, foi definido o tipo de solo: residual maduro silte argiloso classificado como Latossolo (Terra Roxa), com a granulometria de 35,0% de argila, 48,0% de silte e 17,0% de areia, com porosidade de 53,0%, apresentando um Horizonte B de coloração arroxeado à avermelhada, coeso, poroso e bem drenado, com espessura entre 4,0 a 9,0 metros; sotoposto a esse horizonte é encontrada a presença de um solo litólico (Horizonte C), que se caracteriza pelos fragmentos de rocha intemperizadas em meio a uma matriz argilosa, características dos solos da região oeste do Paraná, solos argilosos maduros, provenientes da alteração da rocha basáltica, que são da ordem de 10^{-3} a 10^{-5} cm/s, embora o elevado teor de argila que compõe o solo local, rico em óxido de ferro e alumínio dispostos em partículas mais arredondadas, garantem a esse solo uma boa permeabilidade, aferida pelos testes realizados de acordo com a NBR 7229 (1993) e NBR 9603 (2015).

Foram realizadas 11 sondagens para localização do nível do lençol freático conforme a Tabela 02; o nível de água foi encontrado com profundidades variando entre 4,70m a 5,80m nas sondagem (ST07, ST08, ST09 e ST10).

Tabela 02: Sondagem a trado nível de água resultado.

SONDAGEM	COORDENADAS EM UTM (FUSO 21J)	PROFUNDIDADE (METROS)	NÍVEL DA ÁGUA (METROS)
ST 01	7.170.474m N 745.533m E	7.00 METROS	NÃO ENCONTRADO
ST 02	7.170.565m N 745.564m E	7.00 METROS	NÃO ENCONTRADO
ST 03	7.170.562m N 745.628m E	7.00 METROS	NÃO ENCONTRADO

(Tabela 02 – cont.)

(Tabela 02 – cont.)

SONDAGEM	COORDENADAS EM UTM (FUSO 21J)	PROFUNDIDADE (METROS)	NÍVEL DA ÁGUA (METROS)
ST 04	7.170.497m N 745.600m E	7.00 METROS	NÃO ENCONTRADO
ST 05	7.170.555m N 745.690m E	7.00 METROS	NÃO ENCONTRADO
ST 06	7.170.467m N 745.664m E	7.00 METROS	NÃO ENCONTRADO
ST 07	7.170.521m N 745.742m E	7.00 METROS	6.80 METROS
ST 08	7.170.410m N 745.721m E	6.60 METROS	6.30 METROS
ST 09	7.170.417m N 745.832m E	4.90 METROS	4.70 METROS
ST 10	7.170.489m N 745.820m E	6.00 METROS	5.80 METROS
ST 11	7.170.557m N 745.872m E	6.40 METROS	6.10 METROS

Fonte: Geocataratas (2015)

Para determinação do coeficiente de infiltração do solo ($L/m^2/dia$), foram realizados 4 testes de percolação seguindo a NBR 7229 (1993), conforme a Figura 01, sendo as cavas abertas com as dimensões de 1,0 x 1,0 metro e confeccionadas no fundo delas outra cova com seção quadrada de 30,0 cm de cada lado e 30,0 cm de profundidade, revestida de 5,0 cm de brita 1 no fundo. Os testes realizados obtiveram os resultados conforme o Tabela 03. Determinado o coeficiente médio de infiltração com a somatória e divisão simples dos resultados, obteve-se o valor de $72 L/m^2/dia$.

Segundo Bertoni e Tucci (1993), o índice pluviométrico é uma medida em milímetros, resultado da somatória da quantidade da precipitação de água em um determinado local, durante

certo período de tempo. O instrumento usado para este fim recebe o nome de pluviômetro e é destinado a medir em mm a altura da lâmina de água gerada pela chuva que caiu numa área de $1,0 \text{ m}^2$. Assim, quando em uma região choveu 60 mm significa dizer que em uma área de $1,0 \text{ m}^2$ forma uma lâmina de água com altura de 60 mm ou 6 cm, correspondendo uma precipitação de 60,0 litros por m^2 .

Figura 01: Teste de percolação do solo.



Fonte: Geocataratas (2015)

Tabela 03: Resultado teste de percolação do solo.

TESTES DE PERCOLAÇÃO	COORDENADAS EM UTM (FUSO 21J)	COEFICIENTE DE INFILTRAÇÃO	TEMPO PARA ÁGUA REBAIXAR 1 CM
TP 01	7.170.538m N 745.555m E	75 L/M ² /DIA	3 MIN 21 SEG
TP 02	7.170.517m N 745.702m E	71 L/M ² /DIA	4 MIN 08 SEG
TP 03	7.170.425m N 745.760m E	68 L/M ² /DIA	4 MIN 29 SEG
TP 04	7.170.552m N 745.868m E	77 L/M ² /DIA	3 MIN 15 SEG

Fonte: Geocataratas (2015)

Por meio de pesquisa no site do Instituto das Água e Terra do Paraná⁴, com os dados dos últimos 10 anos, o que teve mais dias de chuva foi 2017, com 112 dias; o maior volume para um único dia foi de 133 milímetros no mês de julho de 2014. Outro dado importante a ser analisado é o mês com maior volume de precipitação: 438 milímetros ocorridos em julho de 2014 e, conseqüentemente, o ano de maior volume de chuvas.

Tabela 04: Histórico pluviométrico.

DADOS PLUVIOMÉTRICO DE FOZ DO IGUAÇU						
ANO	DIAS DE CHUVA	MÁXIMA DIÁRIA (mm)	MÊS CHUVOSO VOLUME (mm)		TOTAL (mm)	
2010	84	78	MARÇO	DEZEMBRO	319	1711
2011	87	81	AGOSTO	OUTUBRO	283	1580
2012	67	104	ABRIL	OUTUBRO	265	1440
2013	81	107	MAIO	JUNHO	242	1673
2014	83	133	JULHO	JULHO	438	2344
2015	104	82	NOVEMBRO	DEZEMBRO	366	1927
2016	100	112	OUTUBRO	OUTUBRO	252	1730
2017	112	122	MAIO	OUTUBRO	418	2140
2018	107	102	ABRIL	OUTUBRO	396	1736
2019	101	67	ABRIL	MAIO	238	1576
2020	20	72	JANEIRO	JANEIRO	184	272

Fonte: Os autores (2020)

Analisando os dados observa-se que o mês abril aparece em três anos com a máxima diária de chuva. O mês com mais ocorrências de chuvas é outubro, com cinco ocorrências. Como se lê na Tabela 04, o maior pico durante os 10 anos, conforme

⁴ Disponível em: <http://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Sistema-de-Informacoes-Hidrologicas>. Acesso em: abr. 2020.

Gráfico 01, foi em 2014 com 2.344 milímetros, e o menor em 2012, com apenas 1.140 milímetros, configurando um percentual de 36,0% a menos em relação à média anual, a maior estiagem da década da cidade. Através dos dados das chuvas da cidade de Foz do Iguaçu-PR, a média anual das precipitações resultou em 1.785,70 milímetros.

Gráfico 01: Índices pluviométricos últimos 10 anos.



Fonte: Autores (2020)

Segundo o laudo geológico, Foz do Iguaçu-PR possui uma rede de drenagem alta, formada pelas Bacias Hidrográficas do Paraná: ao sul, a Bacia Hidrográfica do Baixo Iguaçu, e, a oeste, a Bacia do Paraná III, composta por nove microbacias, sendo 8 delas circunscritas ao perímetro municipal, dentre os rios que drenam a cidade; além dos rios Iguaçu e Paraná, têm-se: Arroio Verde, Pé Feio, M'Boicy e Matias Almada, Ouro Verde e Arroio Jupira, todos afluentes do Rio Paraná, também o rios Tamandua-zinho, Tamandua e Carimã, afluentes do Rio Iguaçu.

Embora a cidade disponha de sistema de drenagem composta pelos rios, alguns não vencem a drenagem e provocam problemas de alagamentos, principalmente o rio M'Boicy em seus afluentes, rio Mimbi, a leste, e o Arroio Monjolo, na parte central da cidade e o Arroio Jupira, na região oeste. Esses transbordam suas caixas quando há precipitação elevada e/ou repentina, sendo a principal causa a ocupação urbana e alta taxa de impermeabilidade, o que

leva os sistemas de galerias e bueiros a não suportarem a vazão e ocorrerem os alagamentos causando prejuízos financeiros e sociais.

Figura 03: Transbordamento de rio.



Fonte: Site <https://www.naoviu.com.br>

Tabela 05: Granulometria britas.

Pedra britada numerada	(NBR-7211/NBR-7225)		Comercial	
	Tamanho nominal			
	Malha da peneira (mm)			
Número	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
brita 0			4,8	9,5
brita 1	4,8	12,5	9,5	19,0
brita 2	12,5	25,0	19,0	38,0
brita 3	25,0	50,0	38,0	50,0
brita 4	50,0	76,0	50,0	76,0
brita 5	76,0	100,0		

Fonte: NBR 7211 (2009) e NBR 7225 1993)

De acordo com a NBR 6502 (1995), sobre rochas e solos, a areia grossa é classificada como solo não coesivo e não plástico, formado por minerais ou partículas de rochas com diâmetros entre 0,06 mm e 0,20 mm, segundo a NBR 7211 (2009) e NBR 7225 (1993). A classificação nominal das britas, de acordo com granulometria, conforme Tabela 05.

Simulação de um poço de infiltração

Para definir o índice de vazios (ϵ) dos materiais utilizados conforme Figura 04, foi utilizada a fórmula:

$$\epsilon = V_v/V_s \quad (1)$$

onde V_v = volume de vazios e V_s = volume de sólidos, e um recipiente com marcador de volume escalonado de capacidade até 12,0 litros.

Figura 04: Amostras utilizadas.



Fonte: Os autores (2020)

Para padronização, os ensaios foram delimitados em 10 litros. Todas as amostras foram colocadas no recipiente até o nível de 10,0 litros; na sequência, colocadas em uma superfície plana nivelada e adicionada água através de outro recipiente de capacidade de 2,0 litros, conforme Figura 05, com a aferição do peso para manter a mesma quantidade para cada amostra. Quando o nível de água despejado na amostra atingiu a marcação de 10,0

litros, a adição de água foi interrompida e contabilizado o volume de água infiltrado na amostra.

Figura 05: Processo determinação do volume de água/vazios.



Fonte: Os autores (2020)

Índice de vazios

Com a contabilização dos volumes de água utilizada para cada amostra, os dados foram aplicados na fórmula para obtenção do índice de vazios e o volume de material sólido para cada amostra conforme a Tabela 06:

Tabela 06: Resultado das amostras.

Amostra	Material	Granulometria média (mm) NBR-7211/ NBR-7225	Volume de Água (lts)	Volume de Vazios (lts)	Volume de Sólidos (lts)	Volume Total do Recipiente (lts)	Índice de Vazios (%)
			V _a	V _v	V _s	V _t	ε
1	Areia	0,06 < Φ ≤ 2,0	3,57	3,57	6,43	10	35,73%
2	brita 0	-	2,00	2,00	8,00	10	20,00%
3	brita 1	4,8 < Φ ≤ 12,5	3,96	3,96	6,04	10	39,62%
4	brita 2	12,5 < Φ ≤ 25,0	4,07	4,07	5,93	10	40,68%
5	brita 5	76,0 < Φ ≤ 100,0	4,33	4,33	5,67	10	43,26%

Fonte: Autores (2020)

Analisando os resultados, o melhor desempenho no Índice de Vazios foi da amostra 5 com brita 5, resultando em 43,26%; e o pior resultado foi da amostra 2 brita 0 com 20,0% de vazios. Através dos resultados dos índices de vazios, percebe-se que a brita 5 é a melhor opção por apresentar o maior volume de vazios, o que possibilitará o armazenamento de uma quantidade maior de água; porém será a viabilidade financeira que poderá subsidiar a melhor opção custo benefício. Com os dados obtidos no estudo da percolação do solo, resultou-se em 72 L/m²/dia e o índice de vazios adotado para utilização no dimensionamento do poço de infiltração foi da amostra 5.

Para dimensionamento do poço de infiltração foi definido um diâmetro de 0,80 m com profundidade de 2,0 m; com isso, calcula-se a área do solo para conhecer o volume de água a ser percolado no solo e o volume de brita necessária para utilização e a capacidade de retenção de água pelo índices de vazios, conforme ilustrado o poço de infiltração pela Figura 06. Para calcular a área de solo para percolação com as dimensões da Figura 06, foi utilizada a fórmula da circunferência multiplicada pela profundidade

$$(A = \pi \times d \times prof.) \quad (2)$$

que resultou em uma área com 5,03 m². Acrescentando a área do fundo de 0,50 m² calculado,

$$(A = \pi r^2) \quad (3)$$

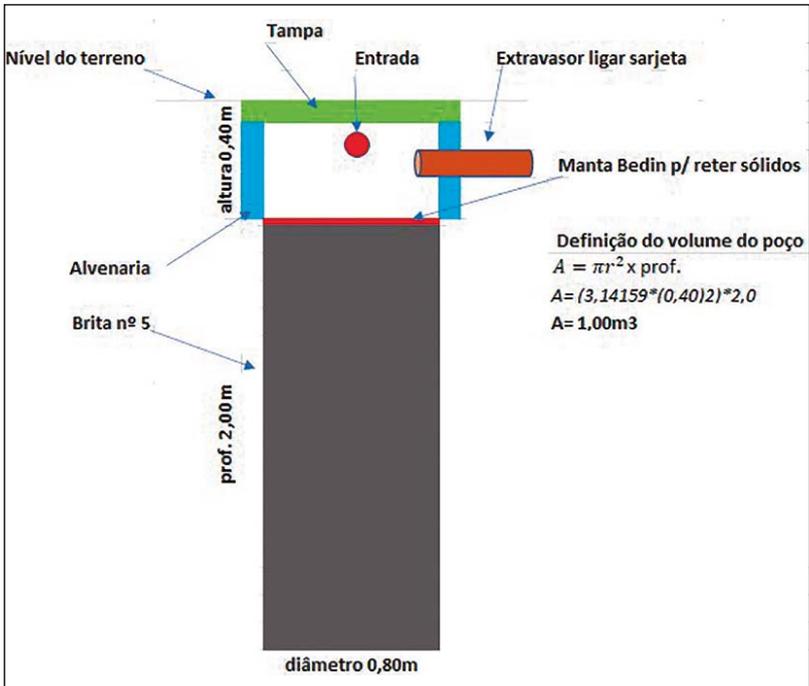
totalizando 5,53 m² de área de percolação, multiplicando pelo coeficiente médio localizado no estudo do solo de 72 L/m²/dia, resulta em 398,16 L/dia de percolação para o poço de infiltração.

De posse do índice de vazios, foi utilizado o valor de 43,26%. Calculando-se o volume total do poço de infiltração, é possível

descobrir o índice dos sólidos para achar o volume de vazios, utilizando a fórmula da área:

$$(A = \pi r^2 \times \text{prof.}) 1,0 \text{ m}^3 \quad (4)$$

Figura 06: Detalhe poço de infiltração.



Fonte: Os autores (2020)

Aplicando-se uma regra de três composta, com a definição dos valores aplicados na fórmula $\varepsilon = V_v/V_s$ tem-se o volume de vazios 432,60 litros e um volume de sólidos de 567,40 litros. Com isso, o poço de infiltração poderá acumular 432,60 litros de água, sendo necessárias 26 horas para que o volume acumulado seja percolado no solo; com os dados, podemos verificar a viabilidade financeira do poço de infiltração:

Tabela 07: Volume de vazio.

Amostra	Material	Granulometria média (mm) - NBR-7211/NBR-7225	Volume de Vazios (Its)	Volume de Sólidos (Its)	Volume Total do Recipiente (Its)	Índice de Vazios (%)
			Vv	Vs	Vt	ε
1	areia	0,06 < Φ ≤ 2,0	357,30	642,70	1000,00	35,73%
2	brita 0	-	200,00	800,00	1000,00	20,00%
3	brita 1	4,8 < Φ ≤ 12,5	396,20	603,80	1000,00	39,62%
4	brita 2	12,5 < Φ ≤ 25,0	406,80	593,20	1000,00	40,68%
5	brita 5	76,0 < Φ ≤ 100,0	432,60	567,40	1000,00	43,26%

Fonte: Os autores (2020)

Com base na tabela de preços da Sanepar (referência junho de 2019) e do orçamento fornecido pela empresa Paraná Fundações para perfuração do poço, elaborou-se um orçamento para conhecimento dos custos para implantação conforme Tabela 08, com diâmetro de 0,80 m e profundidade de 2,0 m utilizando areia, brita 1, brita 2 e brita 5, descartando-se a brita 0, pelo baixo desempenho em índices de vazios.

Tabela 08: Orçamento.

SANEAMENTO AMBIENTAL - POÇO DE INFILTRAÇÃO											
Descrição	Ud. Const.	Ud	Qtde.	U N	Mão de Obra	Materiais	Total (R\$)	2,0 m prof.	Ø 80 cm	1,01	m³
UC-01	SANEAMENTO AMBIENTAL - POÇO DE INFILTRAÇÃO							Areia	Brita 01	Brita 02	Brita 05
04	MOVIMENTO DE SOLOS										
0418	CARGA E DESCARGA DE SOLOS										

(Tabela 08 – cont.)

(Tabela 08 – cont.)

SANEAMENTO AMBIENTAL - POÇO DE INFILTRAÇÃO											
Descrição	Ud. Const.	Ud	Qtde.	U N	Mão de Obra	Mate-riais	Total (R\$)	2,0 m prof.	Ø 80 cm	1,01	m³
041801	Qualquer tipo de solo exceto rocha	m³	1,00	2,63	2,63	0,00	2,63	2,65	2,65	2,65	2,65
0419	TRANSPORTE DE SOLOS										
041901	Qualquer tipo de solo, exceto rocha, em rodovia ou rua	m³xkm	4,00	1,23	4,92	0,00	4,92	4,95	4,95	4,95	4,95
08	FUNDAÇÕES E ESTRUTURAS										
0801	ESTACA MOLDADA "IN LOCO"										
080111	Perfuração mec. rotativa Ø 80 cm	m	2,00	45,00	90,00	0,00	0,00	90,00	90,00	90,00	90,00
09	ASSENTAMENTOS										
0927	EMBASAMENTO										
092702	Areia	m³	0,57	118,41	31,88	86,53	118,41	119,18			
092704	Brita 01	m³	0,57	127,13	49,25	77,88	127,13		127,95		
092705	Brita 02	m³	0,57	128,86	49,25	79,61	128,86			129,69	
092706	Brita 05	m³	0,57	131,60	49,63	81,97	131,60				132,45
15	URBANIZAÇÃO										
1503	DRENAGEM										
150334	Manta geotêxtil - Resistência a Tração = 14 KN/m	m²	0,50	8,26	0,25	3,88	4,13	4,15	4,15	4,15	4,15
TOTAL GERAL								220,93	229,70	231,44	234,20
CUSTO POR M								110,46	114,85	115,72	117,10

Fonte: Os autores (2020)

Os resultados em relação ao custo benefício, conforme demonstrado na Tabela 09, indicam que a brita 5 é a melhor opção

frente ao orçamento e à comparação do custo benefício em relação ao volume acumulado. A areia apresentou o pior desempenho, lembrando que não foram realizados testes de velocidade de escoamento e nem o coeficiente de atrito das amostras, porém, nos ensaios, a brita 1, brita 2 e a brita 5 obtiveram maiores índices de vazios, o que melhora o desempenho em relação à passagem da água pelas amostras:

Tabela 09: Resultado custo-benefício.

Amostra	Material	Volume de Vazios (lts)	Volume de Sólidos (lts)	Índice de Vazios (%)	Relação Custo Benefício
		V _v	V _s	ε	r\$/lts
1	areia	357,30	642,70	35,73%	R\$ 0,62
2	brita 0	200,00	800,00	20,00%	-
3	brita 1	396,20	603,80	39,62%	R\$ 0,58
4	brita 2	406,80	593,20	40,68%	R\$ 0,57
5	brita 5	432,60	567,40	43,26%	R\$ 0,54

Fonte: Os autores (2020)

Na Tabela 10, extraídos os valores e códigos da tabela de preços, com referência a junho de 2019 da Sanepar (consulta no site), foi possível estimar os valores para execução de galerias com diâmetros de 400mm a 1000mm para execução de 2,0 m de galeria para comparação de custos.

Tabela 10: Orçamento galeria.

Código	Descrição	Ud	Qtde	Unitário	Mão de Obra	Materiais	Total (R\$)
15	URBANIZAÇÃO						
1503	DRENAGEM						
150306	Galeria tubo de concreto simples DN400	m	2	79,98	90,5	69,46	159,96

(Tabela 10 – cont.)

(Tabela 10 – cont.)

Código	Descrição	Ud	Qtde	Unitário	Mão de Obra	Materiais	Total (R\$)
150308	Galeria tubo de concreto simples DN600	m	2	118,52	121,44	115,60	237,04
150312	Galeria tubo de concreto armado DN800	m	2	267,74	192,28	343,20	535,48
150313	Galeria tubo de concreto simples DN1000	m	2	394,15	286,7	501,60	788,30

Fonte: Sanepar (2020)

A Tabela 11 foi elaborada para efeito comparativo entre a execução de um poço de infiltração e uma extensão de galeria com mesmo diâmetro, onde se constata que o sistema de poço de infiltração tem um custo menor na faixa de 40,0%, em relação à execução de uma galeria com mesmo diâmetro:

Tabela 11: Comparativo de custos.

Código	Descrição	Ud	Qtde.	Unitário	Mão de Obra	Materiais	Total (R\$)	% Custo
15	URBANIZAÇÃO							
1503	DRENAGEM							
150312	Galeria em tubo de concreto armado DN 800	m	2,0	267,74	192,28	343,20	535,48	100,00%
1504	POÇO DE INFILTRAÇÃO							
150412	Poço de 0,80m C/ Areia	m	2,0	220,93	216,78	4,15	220,93	41,26%
150413	Poço de 0,80m C/ Brita 1	m	2,0	229,70	225,55	4,15	229,70	42,90%
150414	Poço de 0,80m C/ Brita 2	m	2,0	231,44	227,29	4,15	231,44	43,22%
150415	Poço de 0,80m C/ Brita 5	m	2,0	234,20	230,05	4,15	234,20	43,74%

Fonte: Os autores (2020)

Por fim, é possível verificar que os custos para a implantação de um poço de infiltração, em relação à implantação de galeria, ficaram 40,0% mais econômicos. Com essa diferença, o poder público poderia estudar a possibilidade de utilização do poço de infiltração como um dispositivo para auxiliar o sistema de galerias na cidade, retendo uma parte do volume das águas pluviais e evitando parte dos alagamentos.

Considerações finais

Todo trabalho acadêmico deveria ter como premissa o uso racional dos recursos naturais com menor impacto ao meio ambiente. Os materiais utilizados na realização dos ensaios com a brita 2 estavam disponíveis no quintal; demais amostras foram coletadas em sobras de obras e, após a realização dos ensaios, foram reaproveitadas como item decorativo e disposição no jardim.

Em relação à água utilizada para conhecer o volume e índices de vazios, a iniciativa foi uma medida compensatória. Antes da realização dos testes, a economia de 25,0% da água utilizada nas descargas dos vasos sanitários de casa, por meio da utilização de garrafa pet de 2,0 litros com água inserida nas caixas de descargas, representou uma economia média de 18,0 L/d. Uma medida simples e eficaz que atende à funcionalidade do equipamento, possibilitando o uso racional dos recursos naturais.

Referências

ÁGUAS DO PARANÁ – Instituto das Águas do Paraná – Disponível em: <http://www.simepar.br/aguasparana/relatorios/estacoes/horaria/pluviometricas>. Acesso em 30 de abril 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 6484**: Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio – Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 6502**: Rochas e solos. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 7211:2009** – Agregados para concretos - Especificação -. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 7225**: Materiais de pedra e agregados naturais – Classificação e terminologia -. Rio de Janeiro, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 7229**: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9603**: Sondagem á trado procedimentos. Rio de Janeiro, 2015.

BERTONI, J.C.; TUCCI, C.E.M. Precipitação. *In*: TUCCI, C.E.M. **Hidrologia ciência e aplicação**. Porto Alegre: ABRH, p.177-242, 1993.

CANHOLI, A. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 2ª edição, São Paulo, 2015.

FREITAS, C. M., XIMENES, E. F. Enchentes e saúde pública – uma questão na literatura científica recente das causas, conseqüências e respostas para a prevenção e mitigação. **Ciência & Saúde Coletiva**, 17 (6), p. 1601-1615, 2012.

GEOCATARATAS. **Estudo Geológico e Geotécnico**, DATUM SAD 69 UTM (M.C 57° W Gr. – Fuso 21J) 745.700m E, e 7.170.500m N, 2015

HUMBERTO, G. S. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos / ...** [et al.]. – 5. Edição, revista e ampliada. – Brasília, DF: EMBRAPA, 2018.

INSTITUTO ÁGUA E TERRA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável e do Turismo. **Resolução SEMA 31, de 24 de agosto de 1998**.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. **Inundações urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.

Capítulo 17

EFICIÊNCIA DA ETE MODULAR RIO TOLEDO PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE LANÇAMENTOS

Altair José da Silva
Anelisa Ramão

Introdução

De acordo com a Declaração Ministerial do 8º Fórum Mundial da Água, ela é um elemento transversal do desenvolvimento sustentável e no desafio da erradicação da pobreza. Os recursos hídricos são indispensáveis para todos os seres vivos, bem como para estabelecer harmonia e equilíbrio com o planeta e seus ecossistemas, reconhecidos por algumas culturas como “Mãe Terra”.

Com o surgimento de comunidades, seguidas de vilarejos e depois cidades, fixadas preferencialmente junto a corpos d’água, criou-se a necessidade de coleta e tratamento do esgoto (LA ROVERE et al., 2002).

Tardivo (2009, p. 5) escreve que:

Quando o esgoto é lançado diretamente em um corpo receptor que tem condições de receber a carga orgânica contida nele e, por meio de sua capacidade de autodepuração, elimina-se parcialmente o impacto ambiental decorrente, mas não houve, porém, a ação do homem, isto é, não houve uma unidade de

tratamento construída com esse propósito. Para acelerar esse processo de autodepuração (ou estabilização) o homem constrói e opera unidades chamadas estações de tratamento de esgoto (ETE), que podem ser definidas como “conjunto de instalações, dispositivos e equipamentos destinados ao tratamento de esgotos domésticos”.

O principal objetivo das ETE é tratar todo o esgoto gerado pela população, objetivando proporcionar melhor qualidade de vida e proteção do meio ambiente, de modo a retorná-lo aos corpos hídricos, seguindo padrões de qualidade estabelecidos pela legislação. Para isso, o ser humano cria condições dentro da ETE que simulem ou intensifiquem as condições de autodepuração que ocorrem na natureza com a vantagem que dentro desse sistema projetado ele pode supervisionar e até controlar os processos físicos, químicos ou biológicos usados para o tratamento do esgoto, e só então, devolvê-lo tratado à natureza (LA ROVERE et al., 2002).

A seleção do tipo de tratamento de esgoto que será aplicado em determinado local é uma questão complexa e a falta de coleta por si só não constitui o único problema. Existe uma grande parte da população que é atendida por sistemas individualizados ou descentralizados, tais como tanques/fossas sépticas, que muitas vezes são ineficientes em fornecer um efluente final com a qualidade adequada para o seu descarte (CHERNICHARO, 2007).

A declaração ministerial do 8º Fórum Mundial da Água (2018, p. 2) reconhece que:

A cooperação em todos os níveis e em todos os setores e partes interessadas, incluindo o compartilhamento de conhecimento, experiências, inovação e, quando apropriado, soluções é fundamental para promover a gestão sustentável da água e explorar sinergias com os diversos aspectos da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável relacionado à água.

A adoção de tecnologia inadequada e a falta de análise das condições locais da comunidade-alvo, resultam no fracasso do

projeto muitas vezes atribuído à falta de conhecimento técnico e de recursos financeiros. Às vezes, se gasta muito na construção e relativamente pouco na coleta de dados de projetos confiáveis. A replicação de projetos de sucesso é benéfica, mas deve ser ajustada às condições locais. Uma estratégia abrangente e de longo prazo, que requer planejamento e fases de execução extensas é vital para a gestão sustentável de águas residuais (MASSOUD; TARHINI; NASR, 2009).

Para cumprir uma cláusula do contrato de concessão dos serviços de abastecimento de água e esgoto sanitário entre a Sanepar e o município de Toledo-PR, fez-se necessária a implantação de duas novas ETE, desativando as estações instaladas em perímetro urbano no município, inciso X, do 5º §, artigo 4º da Lei Orgânica nº 75/2005 (TOLEDO, 2005). Outra dificuldade existente era o não atendimento aos padrões de lançamentos dos efluentes finais dessas estações de tratamento de esgoto (PARANÁ, 2014).

Assim, a implantação da ETE Norte ocorreu no ano de 2016 e eliminou duas estações localizadas na bacia norte da cidade. O modelo adotado foi do tipo Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (UASB), seguido de dois filtros anaeróbios e dois decantadores secundários (TOLEDO, 2017).

Para desativar as ETE pertencentes à Bacia Sul, havia necessidade de implantação da ETE Sul, a qual tinha como corpo receptor o Rio São Francisco. Devido a diversas interferências no processo licitatório, houve a necessidade de ampliação do prazo para a contratação e execução da obra definitiva da ETE Sul; a Gerência Geral Sudoeste (GGSO) e Gerência Regional Toledo (GRTO) buscaram alternativas para a execução de uma estação provisória que possibilitasse a desativação das ETE Paulista, Bressan, Dom Pedro II e Parizotto, instaladas na Bacia Sul do município.

Após uma visita técnica na ETE Canasvieiras operada pela Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (Casan), o corpo técnico da Sanepar decidiu optar pela tecnologia de ETE modular com processo físico-químico e de flotação por ar dissolvido como

alternativa até a conclusão final da ETE Sul Rio São Francisco (SANTA CATARINA, 2017).

Esta nova tecnologia apresenta um modo automático de operar, além de apresentar como vantagens: menor prazo de execução, menor custo de investimento e ocupação, maior agilidade e eficiência no tratamento do efluente e possibilidade de automação total do processo. Todos esses benefícios credenciaram a escolha deste modelo de estação para que a Sanepar de Toledo-PR cumprisse cláusula contratual e buscasse atender aos padrões de lançamento de efluentes outorgados (SEINCO, 2017).

O estudo apresentado neste capítulo propõe verificar a eficiência da ETE modular Rio Toledo no tratamento de efluentes urbanos, por meio de análises físico-químicas quanto à remoção da carga orgânica do afluente e ao atendimento dos parâmetros de lançamento de efluentes no corpo receptor, estabelecidos na legislação nacional e estadual vigentes. O atendimento à legislação vigente é importante para garantir que os efluentes gerados pela população retornem aos corpos hídricos seguindo padrões de qualidade estabelecidos, de modo a proporcionar melhor qualidade de vida às pessoas e maior proteção ao meio ambiente.

O objetivo geral é avaliar a eficiência da ETE modular Rio Toledo, sob configuração modular, no tratamento de esgoto doméstico do município de Toledo-PR, quanto à remoção da carga orgânica do afluente e atendimento ao padrão de lançamento outorgado para parâmetros físico-químicos do efluente final.

Legislação aplicada

A fim de estabelecer normas e padrões para lançamento de efluentes em corpos hídricos, bem como manter a qualidade de águas e evitar o desgaste e poluição destes recursos naturais e, ainda, garantir a proteção da saúde, são necessárias legislações que visem ao controle do lançamento de poluentes no meio ambiente.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) é o órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama), o qual atribui e estabelece normas, critérios e padrões

relativos ao controle e à manutenção da qualidade do meio ambiente, com vistas ao uso racional dos recursos ambientais, principalmente os hídricos (BRASIL, 1981). Schlusaz (2014, p. 39) diz:

Em âmbito nacional a legislação que regulamenta o lançamento de efluentes sanitários em corpos hídricos é a Resolução CONAMA 357/2005, complementada e alterada pela CONAMA 430/2011. Considerando a legislação nacional em que o enquadramento expressa metas finais a serem alcançadas, pode-se então governos estaduais e municipais fixar metas progressivas, intermediárias, e obrigatórias, porém mais restritivas nos parâmetros avaliados.

A resolução do Conama n° 357 de 2005, dispõe sobre a classificação de corpos d'água e padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos (BRASIL, 2005). A resolução do Conama n° 430 de 2011, por sua vez, altera parcialmente e complementa a Resolução n° 357/2005, dispondo sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores, sendo que o órgão ambiental poderá, a qualquer momento, baseando-se em estudos técnicos, acrescentar outros padrões para o lançamento de efluentes, ou torná-los mais restritivos, levando em consideração a situação em que se encontra o corpo receptor ou exigir tecnologia mais avançada e viável economicamente do tratamento de efluentes. Nesta resolução também se define a capacidade de suporte do corpo receptor, como sendo o valor máximo de um poluente que um corpo hídrico pode receber, sem comprometer a qualidade da água presente neste e sem alterar a classe de enquadramento deste corpo nem modificar os usos destinados desta classe (BRASIL, 2011).

Com efeito, alguns órgãos ambientais estaduais e municipais possuem legislações próprias sobre esse assunto, tendo como base os padrões estabelecidos pela legislação federal e, eventualmente, firmando padrões mais restritivos. Geralmente, os padrões de lançamento estão relacionados ao processo de licenciamento ambiental e de fiscalização de empreendimentos, principalmente de indústrias. Comumente, são determinados

pelas características e singularidades dos estados, principalmente devido aos fatores ambientais, como a qualidade dos mananciais, a vazão e a tipologia dos rios, a disponibilidade de água e de áreas, condições climáticas e fatores econômicos, os quais podem influenciar no acesso às tecnologias de tratamento de efluentes (MORAIS; SANTOS, 2019).

Atuando com metas progressivas e mais restritivas, o Instituto Água e Terra (IAT) regulamenta o lançamento de efluentes através da Resolução 021/09 – Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SEMA - PARANÁ, 2009).

A Tabela 01 apresenta padrões de lançamento determinados e exigidos pelas Resoluções Conama nº 430 (2011) e SEMA nº 021 (2009).

Tabela 01: Valores dos parâmetros de lançamento de efluentes em recursos hídricos.

Parâmetros	Nacional CONAMA 430/2011	Estadual SEMA 021/09
pH	5,0 a 9,0	Não Especificado
Sólidos Sedimentáveis (SS)	até 1 ml/L	Não Especificado
DQO	Não Especificado	225mg/L
DBO	120 mg/L ou $\geq 60\%$	90 mg/L
Temperatura	< 40°C	Não Especificado

Fonte: Os autores (2020)

Prevista na Lei Federal nº 9.433/1997 – Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997) e no inciso IV do artigo 6º da Lei Estadual nº 12.726/99 – Política Estadual de Recursos Hídricos (PARANÁ, 1999), como um dos instrumentos da Política Estadual de Recursos Hídricos, a outorga de direito de uso de recursos hídricos é o ato administrativo que expressa os termos e as condições mediante as quais o Estado do Paraná permite, por prazo determinado, o uso de recursos hídricos em seu domínio.

A competência para instituir e manter o regime de outorga no âmbito estadual é do Poder Público Estadual por intermédio do Instituto Água e Terra (IAT). Cabe à Agência Nacional das Águas (ANA) outorgar, por intermédio de autorização, o direito de uso de recursos hídricos em corpos d'água de domínio da União (SANEPAR, 2018).

A outorga dos direitos de uso de recursos hídricos aplica-se a todos aqueles que usam, ou pretendem usar, os recursos hídricos, seja para captação de águas, superficiais ou subterrâneas, seja para lançamento de efluentes, seja para qualquer ação que interfira no regime hídrico existente, além do uso de potenciais hidrelétricos (PARANÁ, 2019).

No caso de tratamento de efluentes, a outorga não deve autorizar o seu lançamento, mas o uso da água para fins de diluição dos efluentes, respeitando o enquadramento do corpo d'água.

Existe também em nível estadual a Licença Ambiental Simplificada (LAS), solicitada antes do início da execução da ETE modular Rio Toledo (PARANÁ, 2017). Essa licença apresenta alguns condicionantes para o lançamento do efluente do empreendimento a ser executado.

Tabela 02: Valores outorgados para ETE modular Rio Toledo.

Parâmetros	Portaria 1551/2019	LAS 005672
pH	Não especificado	5,0 a 9,0
DQO	150(mg/l)	Não especificado
DBO	50 (mg/l)	Não especificado
SS	Não especificado	Até 1ml/L
Vazão	Não especificado	Até 1,5 x vazão média
Temperatura	Não especificado	Inferior 40°C

Fonte: Os autores (2020)

Materiais e métodos

Por meio do método comparativo, foram analisados os resultados para os parâmetros DBO, DQO, SS, pH e temperatura de amostras coletadas do afluente e efluente da ETE modular Rio Toledo, apresentando a eficiência quanto à remoção da carga orgânica do afluente e quanto ao atendimento dos parâmetros físico-químicos de lançamentos outorgados para o efluente final. O período analisado foi de 12 meses, compreendido entre setembro de 2018 a agosto de 2019. Os resultados da ETE modular Rio Toledo também foram comparados e analisados com os resultados da ETE Paulista, provenientes dos seus últimos 12 meses de operação, período de julho de 2017 a junho de 2018. A ETE Paulista foi uma das quatro estações desativadas que possuía uma vazão nominal de 70 L/s e operava por processo biológico através do modelo composto por um RALF.

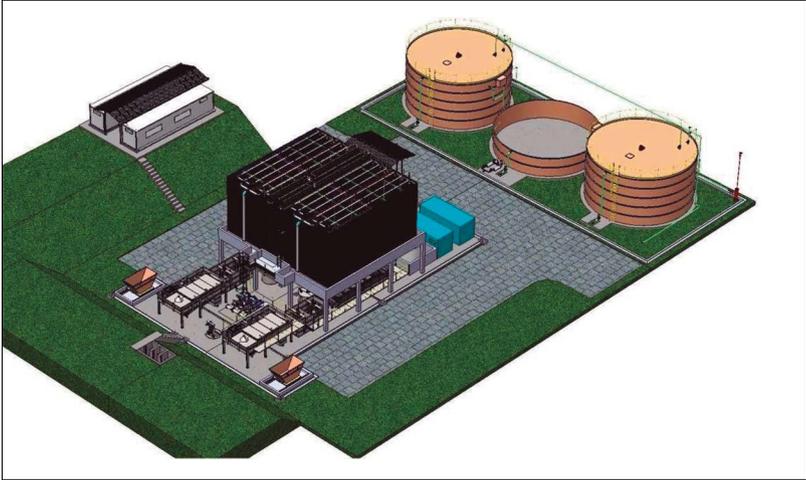
Como já mencionado, o estudo foi realizado na ETE modular Rio Toledo da Sanepar, localizada no município de Toledo PR. O corpo hídrico receptor é o Rio Toledo, pertencente à Bacia do Paraná II. Essa unidade de tratamento de efluentes domésticos atende a 60% das ligações de esgoto do município, totalizando aproximadamente 60 mil imóveis (SANEPAR, 2019).

Na Figura 01 é apresentado um desenho esquemático do aparato experimental da ETE modular implantada na cidade de Toledo-PR.

As coletas das amostras para avaliação da eficiência da ETE modular Rio Toledo foram realizadas mensalmente entre setembro de 2018 a agosto de 2019, totalizando 12 coletas. Para avaliação da eficiência da ETE modular Rio Toledo, as coletas foram realizadas, tanto no afluente de chegada como no efluente de lançamento do corpo receptor, atendendo ao Plano de Controle Operacional (PCO) da estação.

As análises foram realizadas pelo laboratório da GRTO, utilizando-se de métodos e equipamentos analíticos constantes de documentos normativos da Sanepar, controlados por meio do Sistema Normativo da Sanepar (SNS).

Figura 01: Representação esquemática da planta da ETE Rio Toledo, sob configuração modular.



Fonte: Sanepar (2018)

Tabela 03: Parâmetros físico-químicos, metodologias e frequência das análises de monitoramento da ETE modular Rio Toledo.

Parâmetro	Periodicidade	Amostra
pH	Mensal	Afluentes e efluentes ^{1,2}
DQO	Mensal	Afluentes e efluentes ^{1,2}
DBO	Mensal	Afluentes e efluentes ^{1,2}
SS	Mensal	Afluentes e efluentes ^{1,2}
Temperatura	Mensal	Efluentes ^{1,2}

Fonte: ¹APHA, AWWA e WEF (2005); ² Normas e métodos adaptados pelo Laboratório da GACF da Sanepar. Notas: pH - Potencial hidrogeniônico; DQO - Demanda química de oxigênio; DBO - Demanda bioquímica de oxigênio.

A avaliação da eficiência da ETE modular Rio Toledo foi baseada na comparação entre os resultados analíticos de amostras do afluente e efluente realizadas em cumprimento ao PCO da Estação. Este plano de controle tem por objetivo avaliar o

desempenho do processo operacional. Os parâmetros físico-químicos, as metodologias e a frequência das análises empregados no monitoramento da estação são apresentados na Tabela 03.

De posse de todos os resultados das coletas realizadas no período de setembro de 2018 a agosto de 2019, estes serão submetidos ao cálculo de eficiência de remoção e verificação do atendimento aos limites outorgados. O cálculo da eficiência foi realizado de forma percentual, conforme equação:

$$ER = ((Af - Ef)/Af) \times 100. \quad (1)$$

As fichas de coletas estão arquivadas na coordenação industrial da GRTO.

Os parâmetros físico-químicos apresentados a seguir são aqueles que utilizaremos para nossas análises de eficiência e atendimento aos padrões de lançamentos.

- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO);
- Demanda Química de Oxigênio (DQO);
- Sólidos Sedimentáveis (SS);
- Potencial Hidrogênioônico – pH e
- Temperatura.

Resultados e discussão

A ETE modular Rio Toledo iniciou sua operação em julho de 2018 e é composta por etapas de filtração de alta taxa, coagulação, floculação e flotação por ar dissolvido. Possui vazão nominal de 100 L/s (dois módulos de 50 L/s) e os materiais empregados na sua fabricação foram forjados em aço inoxidável. Seu tempo de montagem e instalação foi reduzido devido ao fato da ETE ser pré-fabricada em módulos que permitem sua ampliação e utilização conforme a demanda (SANEPAR, 2018).

Esse modelo mostra-se uma opção tecnológica para o tratamento de efluentes como uma alternativa ao modelo UASB/RALF (Reator Anaeróbico de Lodo Fluidizado), podendo proporcionar tratamento eficaz de águas residuais, rápida instalação,

fácil manutenção e operação da planta com redução de custos operacionais.

A análise de DQO (Tabela 04) é uma importante determinação do grau de poluição da água, pois indica a quantidade de componentes oxidáveis, dentre eles carbono, nitrogênio e enxofre. Esse indicador avalia o quanto de Oxigênio Dissolvido (OD) consumido em meio ácido que leva à degradação de matéria orgânica (SOUZA, 2015).

Tabela 04: Valores de DQO para esgoto bruto e tratado e eficiência de tratamento.

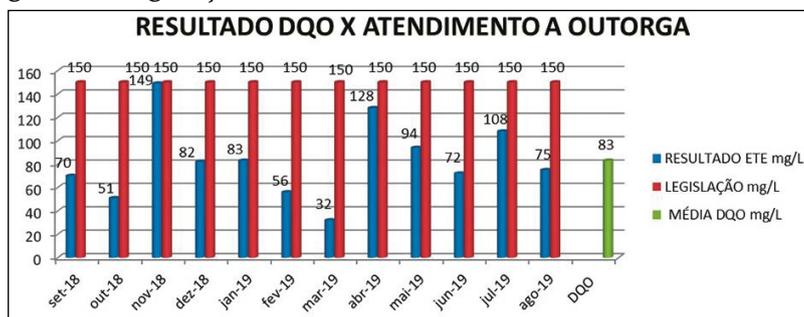
Amostra	Data	Hora	Esgoto Bruto (Afluente) (mg/L)	Esgoto Tratado (Efluente) (mg/L)	Eficiência de Tratamento (%)
341	03/09/2018	11:25	789	70	91,13
361	17/10/2018	13:00	564	51	90,96
305	15/11/2018	12:27	830	149	82,05
333	12/12/2018	10:00	719	82	88,60
321	08/01/2019	11:00	514	83	83,85
359	19/02/2019	10:19	847	56	93,39
309	11/03/2019	10:55	925	32	96,54
440	10/04/2019	11:15	883	128	85,50
510	06/05/2019	10:30	913	94	89,70
612	03/06/2019	10:40	678	72	89,38
710	01/07/2019	11:00	1143	108	90,55
810	05/08/2019	10:55	1011	75	92,58
		Média	818 mg/L	83 mg/L	89,52%

Fonte: Os autores (2020)

A DQO é muito importante para determinação de compostos indesejáveis em efluentes. Quando aliada a DBO, se torna muito mais eficiente. Ambas as análises são fundamentais em estações de tratamento de esgoto, pois indicam se a água está apta ou não para despejo (JOSUE, 2016).

De acordo com os dados, 12 meses avaliados, seis meses apresentaram eficiência acima dos 90% na remoção da DQO e outras seis amostras ficaram entre 80 e 90%. A eficiência média da estação na remoção da DQO foi de 89,52%.

Gráfico 01: Comparação dos resultados obtidos (DQO) com a exigência da legislação.



Fonte: Sanepar (2020)

Com relação ao atendimento da legislação vigente, a Conama nº 430/2011 (BRASIL, 2011) não especifica limite para DQO, somente a Resolução nº 021/09 da SEMA (PARANÁ, 2009) apresenta um limite de 225mg/l. Mas para a ETE modular Rio Toledo esse limite é mais restritivo em virtude da classificação do corpo receptor, o rio Toledo. Em sua outorga de lançamento, o limite para lançamento da carga de DQO do efluente tratado é de 150mg/l. Em todos os resultados apresentados para o período analisado, o efluente tratado ficou abaixo do exigido pela Outorga, que é de 150 mg/L, atendendo à legislação. Três resultados apresentaram um valor acima de 100 mg/L de DQO: novembro de 2018 com 149 mg/L e abril e julho de 2019, com 128 e 108 mg/L respectivamente. Mesmo assim, a média para

os 12 meses foi de 83 mg/L de DQO, bem abaixo do previsto na Outorga.

A DBO é um indicador que determina indiretamente a concentração de matéria orgânica biodegradável por meio da demanda de oxigênio exercida por microrganismos através da respiração (DAL PIAN; ALVES, 2013).

Tabela 05: Valores de DBO para esgoto bruto e tratado e eficiência de tratamento.

Amostra	Data	Hora	Esgoto Bruto Afluente (mg/L)	Esgoto Tratado Efluente (mg/L)	Eficiência de Tratamento (%)
341	03/09/2018	11:25	363	11	96,97
361	17/10/2018	13:00	402	33	91,79
305	15/11/2018	12:27	458	47	89,74
359	19/12/2018	10:00	400	26	93,50
321	08/01/2019	11:00	180	38	78,89
437	11/02/2019	10:19	519	39	92,49
309	11/03/2019	10:55	120	19	84,17
440	10/04/2019	11:15	555	50	90,99
510	06/05/2019	10:30	384	15	96,09
612	03/06/2019	10:40	320	16	95,00
710	01/07/2019	11:00	398	18	95,48
810	05/08/2019	10:55	520	20	96,15
Média			385 mg/l	28 mg/l	91,77%

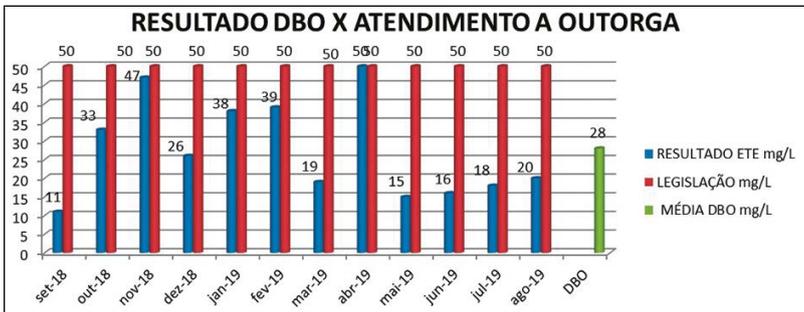
Fonte: Os autores (2020)

Trata-se de um parâmetro que mede a capacidade de um determinado efluente em ser decomposto por meio de bactérias aeróbias, tendo como consequência desse processo o consumo de oxigênio. É um parâmetro muito utilizado no Brasil em ETE, sejam industriais, sejam domésticas, além de controlar as operações de estação já existentes e caracterizar o nível de biodegradabilidade de um efluente (BARBOSA, 2003).

A DBO é o parâmetro mais empregado para medir a poluição de um efluente, geralmente expressa em miligramas de oxigênio por litro, pois permite a conclusão de que grandes quantidades de matéria orgânica utilizam grandes quantidades de oxigênio, assim, quanto maior o grau de poluição, maior a DBO.

Analisando as 12 amostras do período, verificamos que em 9 meses a ETE Rio Toledo apresentou uma eficiência na remoção da DBO acima dos 90%. Já as amostras 305 de 15/11/2018 e 309 de 11/03/2019 apresentaram uma eficiência de 89,74% e 84,17% respectivamente. Somente a amostra 321 de 08/01/2019 apresentou uma eficiência abaixo de 80%, tendo como resultado 78,89% de eficiência na remoção de DBO. A média final para as 12 amostras foi de 91,77%.

Gráfico 02: Comparação dos resultados obtidos (DBO) com a exigência da legislação.



Fonte: Sanepar (2020)

Com relação à legislação vigente, a Conama nº 430/2011 traz como limite de DBO uma taxa de 120 mg/L ou eficiência de remoção $\geq 60\%$. Com mais restrição, o limite exigido pela SEMA 021/09 atribui o valor de 90 mg/L. Mas, em virtude da classificação do corpo receptor, a Portaria 1551/2019 (outorga) apresenta um limite de 50 mg/L de DBO para o lançamento. Nos 12 meses apresentados, todos os resultados atenderam ao limite de 50 mg/L de lançamento. O mês que apresentou o pior resultado foi abril de 2019, com o resultado de 50 mg/L limite outorgado para

esse parâmetro. A confirmação do bom resultado é demonstrada pela média do efluente tratado, que é de 28 mg/L.

Como dito anteriormente, quanto maior o grau de poluição, maiores são a DQO e DBO. Os dados apresentados permitem inferir que o tratamento dos efluentes na ETE modular Rio Toledo tem sido eficaz em relação a estes parâmetros.

O resíduo sedimentável é constituído daquele material em suspensão de maior tamanho e de densidade maior que a água, que se deposita quando o sistema está em repouso. O resíduo sedimentável serve para a determinação da eficiência da sedimentação e permite a previsão do comportamento de despejos ao atingirem um curso d'água (REMEDIO; ZANIN; TEIXEIRA, 1999).

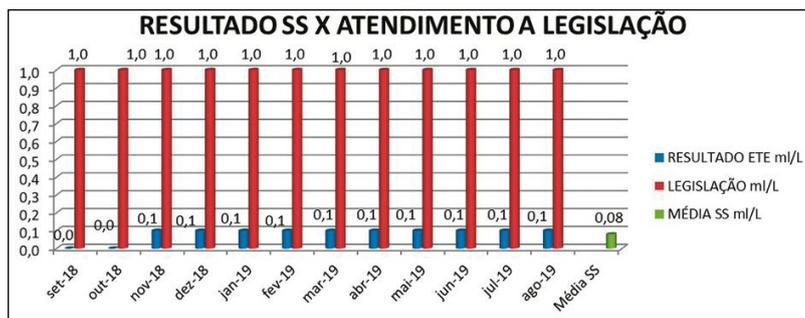
Tabela 06: Valores de SS para esgoto bruto e tratado e eficiência de tratamento.

Amostra	Data	Hora	Esgoto Bruto	Esgoto Tratado Efluente (ml/L)	Eficiência de Tratamento (%)
341	03/09/2018	11:25	8,0	0	100
361	17/10/2018	13:00	4,0	0	100
305	15/11/2018	12:27	9,0	0,1	98,89
359	19/12/2018	10:00	8,5	0,1	98,82
321	08/01/2019	11:00	4,0	0,1	97,50
437	11/02/2019	10:19	5,0	0,1	98,00
309	11/03/2019	10:55	8,0	0,1	98,75
440	10/04/2019	11:15	6,0	0,1	98,33
510	06/05/2019	10:30	8,0	0,1	98,75
612	03/06/2019	10:40	5,0	0,1	98,00
710	01/07/2019	11:00	5,0	0,1	98,00
810	05/08/2019	10:55	8,0	0,1	98,75
		Média	6,54 (ml/L)	0,08 (ml/L)	98,65 %

Fonte: Os autores (2020)

A quantidade de SS que restou na água irá demonstrar se está apta para retornar aos corpos hídricos. Existe um limite de SS que podem estar presentes na água e que indicam se o tratamento foi eficaz. O limite determinado pela resolução Conama nº 430/2011 é de até 1,0 ml/L (BRASIL, 2011). Em todas as amostras avaliadas (Tabela 06), as concentrações finais, medidas por meio da metodologia de cone Imhoff, ficaram em torno de 0,1 ml/L ou menos. A média na eficiência de tratamento foi de 98,65%. Portanto, em comparação com a exigência da legislação (Gráfico 03), é possível afirmar que a ETE modular Rio Toledo possui ótima eficiência na remoção de SS.

Gráfico 03: Comparação dos resultados obtidos (SS) com a exigência da legislação.



Fonte: Sanepar (2020)

O Potencial de Hidrogênio (pH) indica a neutralidade, acidez ou basicidade da água, fatores esses influenciados pelos sólidos ou gases dissolvidos na água. Muitos fatores dependem deste parâmetro, desde a vida aquática até mesmo o processo de tratamento de esgoto. É importante o conhecimento dos fatores que podem alterar o pH, pois o mesmo pode causar danos irreversíveis à natureza (JOSUE, 2013).

Na análise dos dados de medição de pH auferidos no afluente e efluente na ETE modular Rio Toledo (Tabela 07), observa-se que todos os resultados estão entre 5 e 9, ou seja, dentro dos valores

considerados normais para a legislação vigente (Resolução nº 430/11 Conama). O resultado também indica que o pH está dentro de uma faixa controlada evitando causar danos à estrutura física da estação, como tubulação e tanques metálicos.

Tabela 07: Valores de pH para esgoto bruto e tratado e eficiência de tratamento.

Amostra	Data	Hora	Esgoto Bruto (Afluente)	Esgoto Tratado (Efluente)
341	03/09/2018	11:25	7,7	6,3
361	17/10/2018	13:00	6,8	6,6
305	15/11/2018	12:27	7,5	7,5
359	19/12/2018	10:00	7,5	6,7
321	08/01/2019	11:00	7,5	6,2
437	11/02/2019	10:19	7,3	7,6
309	11/03/2019	10:55	7,2	7,4
440	10/04/2019	11:15	7,6	7,8
510	06/05/2019	10:30	7,5	7,7
612	03/06/2019	10:40	7,2	7,7
710	01/07/2019	11:00	7,1	7,6
810	05/08/2019	10:55	7,5	7,7
		Média	7,37	7,23

Fonte: Os autores (2020)

Em se tratando de reações de natureza biológica, a velocidade de decomposição do esgoto aumenta, de acordo com a temperatura, sendo a faixa ideal para atividade biológica a contida entre 25 e 35°C, sendo ainda 15°C a temperatura abaixo da qual as bactérias formadoras do metano o tornam inativo na digestão anaeróbia. Dentro dos tanques sépticos (fossas), por exemplo, ocorre a digestão anaeróbia (JORDÃO e PESSOA, 1995).

Na Tabela 08, é possível observar que, no mês de fevereiro de 2019 (amostra 437), o registro da temperatura foi de 27°C para

o efluente tratado, sendo esta a maior temperatura registrada no período analisado. A menor temperatura observada foi de 18°C registrada no mês de agosto de 2019 (amostra 810). Observa-se que, em todos os meses, a temperatura se manteve menor que 40°C. Esta medição está dentro dos limites de tolerância da legislação vigente, e em conformidade com a determinação das normas de lançamento, em especial a LAS (PARANÁ, 2017).

Tabela 08: Valores da temperatura para esgoto bruto.

Amostra	Data	Hora	Esgoto Tratado (°C) (Efluente)
341	03/09/2018	11:25	19
361	17/10/2018	13:00	22
305	15/11/2018	12:27	24
359	19/12/2018	10:00	23
321	08/01/2019	11:00	26
437	11/02/2019	10:19	27
309	11/03/2019	10:55	25
440	10/04/2019	11:15	25
510	06/05/2019	10:30	26
612	03/06/2019	10:40	21,5
710	01/07/2019	11:00	21
810	05/08/2019	10:55	18
		Média	23°C

Fonte: Os autores (2020)

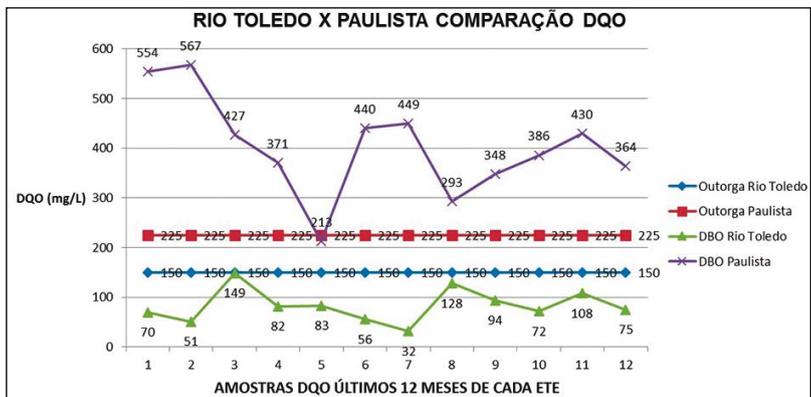
Comparamos os resultados apresentados da ETE modular Rio Toledo, em dois parâmetros, DBO e DQO, com os resultados dos últimos 12 meses de operação da ETE Paulista, uma das estações desativadas pela entrada em operação da ETE modular Rio Toledo.

Os últimos 12 meses de operação da ETE Paulista compreende o período de julho de 2017 a junho de 2018. As amostras

são resultados das análises realizadas no mesmo laboratório, com os mesmos métodos, e também do monitoramento analítico do afluente e efluente do PCO da estação. A ETE Paulista possuía uma vazão nominal de 70 L/s e operava por processo biológico através do modelo composto por um RALF, seguido de um filtro biológico.

Os Gráficos 04 e 05 apresentam a comparação entre os resultados de lançamento e eficiência de cada ETE para os parâmetros DQO e DBO, respectivamente.

Gráfico 04: Comparação dos resultados de DQO e atendimento à legislação entre ETE modular Rio Toledo x ETE.

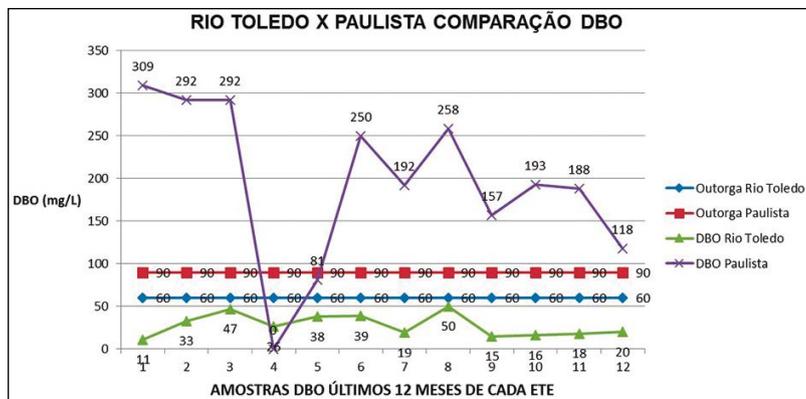


Fonte: Sanepar (2020)

É possível observar no Gráfico 04 que há grande diferença entre os resultados das 12 amostras de cada ETE. A ETE modular Rio Toledo apresentou valores abaixo de 150 mg/L, atendendo em todas as amostras à legislação vigente (PARANÁ, 2019).

A ETE Paulista, ao contrário da ETE modular Rio Toledo, atendeu à legislação somente na amostra 5, na qual o resultado foi de 213 mg/L. Os valores medidos em todos os demais meses superaram seu limite outorgado de 225 mg/L, menos exigente, se comparado ao limite outorgado da ETE modular Rio Toledo, que é de no máximo 150 mg/L.

Gráfico 05: Comparação dos resultados de DBO e atendimento à legislação entre ETE modular Rio Toledo x ETE Paulista.



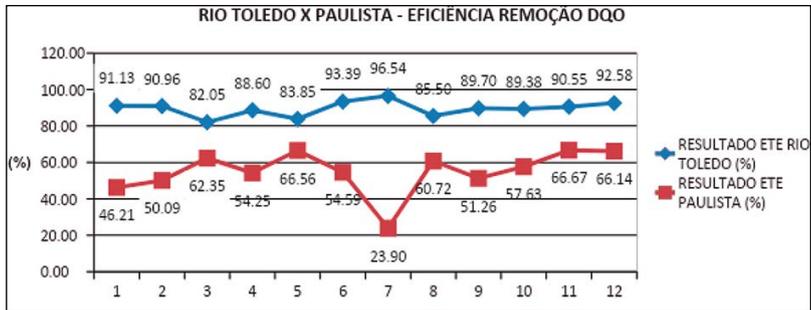
Fonte: Sanepar (2020)

No Gráfico 05 é possível observar que as medidas de DBO registradas na ETE modular Rio Toledo estavam sempre abaixo do limite outorgado, que é de 60 mg/L, atendendo em todo o período ao limite exigido em sua outorga (PARANÁ, 2019).

Para a análise dos resultados da ETE Paulista, é preciso excluir a amostra 4, cuja medição por algum motivo não foi realizada. Analisando as demais amostras, observa-se que somente a amostra 5, cujo valor auferido foi de 81 mg/L, apresentou resultado inferior ao limite exigido por sua outorga, que é de 90 mg/L. Aqui também se observa que o limite outorgado para este parâmetro para a ETE modular Rio Toledo era mais restritivo em relação à ETE Paulista, no máximo de 60 mg/L.

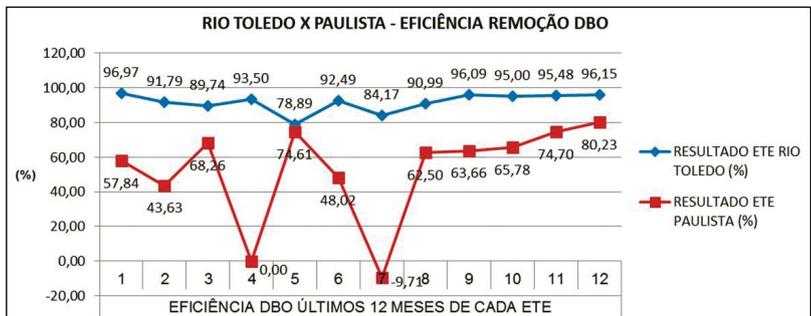
Comparando a eficiência na remoção da carga orgânica, utilizando como parâmetros os índices de DBO e DQO entre as duas estações, fica evidente a maior eficiência da ETE modular Rio Toledo.

Gráfico 06: Comparação da eficiência (%) na remoção da carga orgânica parâmetro DQO.



Fonte: Sanepar (2020)

Gráfico 07: Comparação da eficiência (%) na remoção da carga orgânica parâmetro DBO.



Fonte: Sanepar (2020)

Enquanto esta apresentou sempre eficiência superior a 80% na remoção da DQO, a ETE Paulista obteve seu melhor resultado na amostra 11, apresentando 66,67% de eficiência apenas (Gráfico 06).

Para o parâmetro DBO, os resultados estiveram mais próximos (Gráfico 07). A ETE modular Rio Toledo apresentou eficiência acima de 80% em 11 amostras; somente a amostra 5 obteve o percentual de 78,89%. Já a ETE Paulista apresentou em uma amostra, a 12, um resultado acima de 80% e, em outras duas

amostras, 5 e 11, eficiência acima de 70%. Mesmo assim, a ETE modular Rio Toledo obteve um melhor resultado em todas as amostras apresentadas.

Considerações finais

Após a análise dos resultados apresentados para os parâmetros físico- químicos DBO, DQO, pH, temperatura e SS, baseados no monitoramento analítico de amostras do afluente e efluente de acordo com o PCO da estação, pode-se afirmar que a ETE modular Rio Toledo, apresenta ótima eficiência em seus processos de tratamento, apresentando média percentual de mais de 90% de redução para parâmetros de SS, DQO e DBO. Também é possível afirmar que todos os resultados apresentados atendem à legislação aplicável para a ETE.

Tais afirmações são confirmadas ao se analisar a comparação com a ETE Paulista, em dois principais parâmetros, DBO e DQO. Por meio deles, fica evidenciado que o modelo da ETE modular Rio Toledo, composto por processo físico- químico e de flotação por ar dissolvido, foi uma alternativa viável ao modelo composto por RALF, existente anteriormente em todas as quatro estações da Bacia Sul do município de Toledo-PR.

Referências

BARBOSA, J. M. N. **Estudo do comportamento da DBO em suporte aeróbio de oxigênio puro. Coeficientes cinéticos e Fatores de correlação.** 2003. 170 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2003.

BRASIL. **Lei nº 6.938**, de 31 de agosto de 1981. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938compilada.htm>. Acesso em: 06 Mai. 2020.

BRASIL. **Lei n. 9.433**, de 8 de janeiro de 1997. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/todos-os-documentos-do-portal/documentos-re/alocacao-de-agua/oficina-escassez-hidrica/>>

legislacao-sobre-escassez-hidrica/uniao/lei-no-9433-1997-pnrh/view>. Acesso em: 18 nov. 2019.

BRASIL.. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução Nº 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. **Diário Oficial da União** nº 53, Brasília, 2005.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução Nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Diário Oficial da União** n. 92, Brasília, 2011.

CHERNICHARO, C.A.L. 2007. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: reatores anaeróbios**. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2007.

DAL PIAN, L. F.; ALVES, D. D. P. **Desafios da divulgação científica em cobertura jornalística de desastre ambiental. Ciênc. educ. (Bauru)**, Bauru, v. 19, n. 4, p. 929-946, 2013. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132013000400010&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 03 fev. 2020.

FÓRUM MUNDIAL DA ÁGUA, 8º 2018 – Brasília – Brasil. **Declaração ministerial**: um chamado urgente para uma ação decisiva sobre a água. Disponível em: <<http://8.worldwaterforum.org/en>>. Acesso em: 10 mar. 2021.

FÓRUM MUNDIAL DA ÁGUA, 8º 2018 – Brasília – Brasil, **Relatório do Conselho Mundial da Água**. Disponível em: <http://www.worldwatercouncil.org/sites/default/files/2019-03/Outcomes-of-8th-WWForum_WEB_PR.pdf>. Acesso em: 28 set. 2019.

JORDÃO, E. P. e PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. Rio de Janeiro: ABES, 3. ed. 1995.

JOSUÉ, T. G. **Avaliação da Eficiência da Estação de Tratamento de Esgoto Gertrudes Composta por Reator Anaeróbio e Filtro Percolador na cidade de Ponta Grossa**. 2016. 69 f. Trabalho de conclusão

de curso (Graduação). – Curso de Engenharia Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2016.

LA ROVERE, E. L.; et al. **Manual de auditoria ambiental de estações de tratamento de esgotos**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

MASSOUD, M.A., TARHINI, A. e NASR, J.A. **Abordagens descentralizadas para tratamento e gerenciamento de águas residuais: aplicabilidade em países em desenvolvimento**. Journal of Environmental Management, v. 90, p. 652-659, 2009.

MORAIS, N. W. S.; SANTOS, A. B. Análise dos padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos e de reuso de águas residuárias de diversos estados do Brasil. **Revista Dae**, [s.l.], v. 67, n. 215, p.40-55, 2019. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.4322/dae.2019.004>>. Acesso em: 15 mar. 2020.

PARANÁ. Assembleia Legislativa. Lei Estadual nº 12.726/99. Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos e adota outras providências. **Diário Oficial do Estado**. Curitiba, 29 nov.1999.

PARANÁ. Secretaria Estadual do Meio Ambiente - SEMA. Resolução nº. 021/09 – SEMA. Disponível em: <http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao_ambiental/Legislacao_estadual/RESOLUCOES/RESOLUCAO_SEMA_21_2009_LICENCIAMENTO_PADROES_AMBIENTAIS_SANEAMENTO.pdf> Acesso em: 05 Jan. 2019.

PARANÁ. Ministério Público do Estado do Paraná – Meio Ambiente. 2014. **Ação Civil Pública sob os números MPPR-0148.13.000063-8, MPPR-0148.14.000424-0, MPPR-. 0148.14.000614-6 e MPPR-0148.14.00368-9**. Disponível em: <www.meioambiente.mppr.mp.br/arquivos/File/toledo_acp_sanepar>. Acesso em: 06 Ago. 2019.

PARANÁ. Secretaria do desenvolvimento sustentável e do turismo – Instituto Ambiental do Paraná – IAP – **Consulta protocolo 149036318. Licença Ambiental Simplificada – LAS 005672, 2017**. Disponível em: <<http://www.iap.pr.gov.br/pagina-703.html>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

PARANÁ. Águas Paraná. Instituto das Águas do Paraná. Portaria 1551/2019 – DPCA. Publicado **Diário Oficial do Paraná**. Edição 10440 de 21/maio/2019.

REMEDIÓ, M. V. P.; ZANIN, M.; TEIXEIRA, B. A. N. Caracterização do efluente de lavagem de filmes plásticos pós-consumo e determinação das propriedades reológicas do material reciclado. **Polímeros**, São Carlos, v. 9, n. 4, p. 177-183, dez. 1999. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-14281999000400029&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 03 fev. 2020.

SANEPAR. Companhia de Saneamento do Paraná. **Capacitação – Legislação Ambiental – Módulo Geral**. Curitiba, 2018.

SANEPAR. Companhia de Saneamento do Paraná. **Manual de Operação da ETE modular Rio Toledo**. Toledo, 2018.

SANEPAR. Companhia de Saneamento do Paraná. **Relatório de Análise da Situação Operacional – RASO – Sistema de Esgoto Sanitário - SES**. 2019.

SANTA CATARINA. **Estação de Tratamento de Esgotos de Canasvieiras recebe visita técnica da Sanepar e de pesquisadores internacionais**. 2017. Disponível em: <<https://www.sc.gov.br/noticias/temas/saneamento-e-recursos-hidricos/estacao-de-tratamento-de-esgotos-de-canasvieiras-recebe-visita-tecnica-da-sanepar-e-de-pesquisadores-internacionais>>. Acesso em: 10 set. 2018.

SEINCO. Fast tecnologia industrial. **Projeto ETE Rio Toledo Estudo de concepção e Pré-projeto**. Capinzal, 2017.

SOUZA, L. A. **Demanda Química de Oxigênio**. 2015. Disponível em: <<http://www.mundoeducacao.com/quimica/demanda-quimica-oxigenio.htm>>. Acesso em: 25 mar. 2020.

SCHLUSAZ, M. **Avaliação da Eficiência da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE – RONDA, Ponta Grossa – PR)**. 2014. 73 f. Trabalho de conclusão de curso. (Graduação) – Curso de Engenharia Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2014.

TARDIVO, M. **Considerações sobre o monitoramento e controle dos parâmetros físicos, químicos e biológicos de estações de tratamento de esgotos e proposta para sistema integrado de gestão com enfoque ambiental, controle de qualidade, segurança e saúde.** 2009. 135 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Química, Universidade de São Carlos, 2009.

JOSUÉ, T. G. **Avaliação da Eficiência da Estação de Tratamento de Esgoto Gertrudes Composta por Reator Anaeróbio e Filtro Percolador na cidade de Ponta Grossa.** 2016. 69 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação). – Curso de Engenharia Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2016.

TOLEDO. PREFEITURA MUNICIPAL, 2017 - **Governador inaugura ETE Norte em Toledo.** Disponível em: <<https://www.toledo.pr.gov.br/noticia/governador-inaugura-ete-norte-em-toledo>> Acesso em: 03 fev. 2019.

TOLEDO. PREFEITURA MUNICIPAL, 2017. Lei Ordinária “R” número 75/2005 – Dispõe sobre a concessão dos serviços de abastecimento de água potável e de coleta e tratamento de esgotos sanitários à Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR). Disponível em: <http://www.toledo.pr.gov.br/sapl/consultas/norma_juridica/norma_juridica_mostrar_proc?cod_norma=980>. Acesso em: 06 Ago. 2019.

PRINCIPAIS SIGLAS EMPREGADAS NA OBRA

Agência Nacional das Águas (ANA)
Agência Reguladora do Paraná (AGEPAR)
Amônia (NH_3)
Analytic Hierarchy Process (AHP)
Área de Preservação Permanente (APP)
Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE)
Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)
Associação dos Catadores (AC)
Bactérias redutoras de sulfatos (BRS)
Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES)
Benzeno (C_6H_6)
Boletim de Ocorrência (BO)
Bomba Funcionando como Bomba (BFB)
Bombas Funcionando como Turbinas (BFT)
Cálcio (Ca)
Capacidade de troca de cátions (CTC)
Carbon Disclosure Project (CDP)
Carbono (C)
Centrais Elétricas Brasileiras (Eletrobrás)
Centro de Controle Operacional (CCO)
Centro Universitário Filadélfia (UNIFIL)
Certificado de Regularidade (CR)

Cobre (Cu)
Código da Unidade Consumidora (CDC)
Com Dosagem (CD)
Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (Casan)
Companhia Paranaense de Energia (COPEL)
Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar)
Compostos Orgânicos Voláteis (COV)
Conjunto Motobomba (CMB)
Conselho Administrativo da UENP (CAD/UENP)
Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama)
Consumo Energético Normalizado (CEN)
Consumo Específico de Energia (CEE)
Controlador Lógico Programável (CLP)
Controle Estatístico de Processo (CEP)
Custo unitário médio (R\$/t)
Data Envelopment Analysis (DEA)
Decision Making Units (DMU)
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)
Demanda Máxima Diária histórica do sistema (Dmax)
Demanda Química de Oxigênio (DQO)
Determinação da Resistência Característica à Compressão
(DRCC)
Deutsche Institut für Normung (DIN)
Dióxido de Carbono (CO₂)
Dispositivo Tubular de Inspeção (DTI)
Educação Ambiental (EA)
Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (Emater)
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa)
Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR)
Equipamentos de Proteção Individual (EPI)
Esgoto Bruto (EB)
Estabilização Alcalina Prolongada (EAP)
Estação de Tratamento de Água (ETA)

Estação de Tratamento de Esgoto (ETE)
Estação Elevatória de Esgoto (EEE)
Estações de Esgoto (EE)
Estações Elevatórias de Esgoto 02 (EEE 02)
Estados Unidos da América (EUA)
Etilbenzeno e o xileno (C₈H₁₀)
Ferro (Fe)
Formulário de Avaliação de Contratada Executora de Obras e/ou Serviços (FAE)
Fundação Getúlio Vargas (FGV)
Fundação Nacional de Saúde (Funasa)
Fundo Azul (FA)
Fundos Ambientais (FAM)
Gás do Efeito Estufa (GEE)
Gás Liquefeito de Petróleo (GLP)
Gás Natural Veicular (GNV)
Gás Sulfídrico (H₂S)
Gerência de Avaliação de Conformidades (GACF)
Gerência de Educação Socioambiental (GESA)
Gerência de Gestão Ambiental (GGAM)
Gerência de Gestão de Pessoas (GGPS)
Gerência de Projetos e Obras de Curitiba e litoral (GPOCT)
Gerência de Projetos e Obras Nordeste (GPOND)
Gerência de Projetos e Obras Noroeste (Gpono)
Gerência de Projetos e Obras Sudeste (GPOSD)
Gerência de Projetos e Obras Sudoeste (GPOSO)
Gerência de Projetos e Obras Sudoeste (GPOSO)
Gerência de Projetos KFW (GPKFW)
Gerência de Tratamento de Esgoto de Curitiba e Região Metropolitana de Curitiba-PR (GTESG)
Gerência Geral Noroeste (GGNO)
Gerência Geral Sudoeste (GGSO)
Gerência Regional Toledo (GRTO)

Gerências Regionais (GR)

Índice de Atendimento com Rede Coletora de Esgoto (IARCE)

Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)

Índice de Perdas por Ligação (IPL)

Índice de Reservação Ideal (I)

Índice de Sustentabilidade Empresarial (ISE)

Índice Volumétrico de Lodo (IVL)

Instituto Água e Terra (IAT)

Instituto Ambiental do Paraná (IAP)

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)

Interface Homem Máquina (IHM)

International Water Association (IWA)

Inventários de Gases de Efeito Estufa (IGEE)

Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)

Licença Ambiental Simplificada (LAS)

Limite Inferior de Controle (LIC)

Limite Superior de Controle (LSC).

Linha Privativa (LP)

Magnésio (Mg)

Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)

Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT)

Ministério do Meio Ambiente (MMA)

Nitrato (NO_3^-)

Nitrato de cálcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$)

Nitrato (NO_3^-)

Nitrito (NO_2^-)

Nitrogênio (N)

Nitrogênio (N)

Norma Brasileira (NBR)

Novo edifício administrativo (NEA)

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)

Operational expenditure (OPEX)

Organização das Nações Unidas (ONU)
Organização Mundial da Saúde (OMS)
Óxido de Cálcio (CaO)
Oxigênio Dissolvido (OD)
Perdas no Sistema Distribuidor (PSD)
Período de Retorno Descontado (PRD)
Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD)
Plano de Controle Operacional (PCO)
Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS)
Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB)
Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB)
Plano Plurianual de Investimentos (PPI)
Polícia Militar Ambiental (PMA)
Policloreto de Vinila Orientado (PVC-O)
Polipropileno (PP)
Política Municipal de Saneamento Básico (PMSB)
Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA)
Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)
Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)
Políticas Públicas de Educação Ambiental (PPEA)
Potencial Hidrogeniônico (pH)
Programa de Eficiência Energética em Saneamento Ambiental (PROCEL)
Programa de Eficiência Energética em Sistemas de Abastecimento de Água (ProEESA)
Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA)
Programa de Modernização do Setor de Saneamento (PMSS)
Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA)
Programa Nacional de Educação Ambiental (ProNEA)
Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR)
Reator Anaeróbico de Fluxo Ascendente (UASB)

Reator em Batelada Sequencial (RBS)
Reatores Anaeróbios de Leito Fluidizado (RALF)
Região Metropolitana de Curitiba (RMC)
Relatório Anual dos Serviços de Água e Resíduos em Portugal
(RASARP)
Relatório de Acompanhamento Executivo (RAE)
Reservatórios Aoiados (RAP)
Reservatórios Semienterrados (RSE)
Resíduos Sólidos (RS)
Resíduos Sólidos (RS)
Resíduos Sólidos urbanos (RSU)
Sem Dosagem (SD)
Sequencing Batch Reactor (SBR)
Sistema Corporativo de Gestão Industrial (SCI)
Sistema de Abastecimento de Água (SAA)
Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial (SAAP)
Sistema de Controle de Empreendimento (SCE)
Sistema de Esgotamento Sanitário (SES)
Sistema Especial de Liquidação e de Custódia (SELIC)
Sistema Fotovoltaico (SF)
Sistema Interligado Nacional (SIN)
Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS)
Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama)
Sistema Normativo da Sanepar (SNS)
Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa
(SEEG)
Sistemas de Abastecimento de Água (SAA)
Sólidos Sedimentáveis (Ssed)
Sólidos Suspensos no Tanque de Aeração (SSTA)
Sólidos Suspensos Totais (SST)
Sólidos Totais (ST)
Superintendência de Ciência, Tecnologia e Ensino Superior do
Paraná (Seti)

Tabela de Tarifas do Saneamento Básico (TTSB)
Taxa Interna de Retorno (TIR)
Tolueno (C₇H₈)
Trihalometanos (THM)
Unidade Central de Processamento (CPU)
Unidade de Gerenciamento de Lodo (UGL)
United States Environmental Protection Agency (USEPA)
Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP)
Universidade Virtual do Paraná (UVPR)
Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)
Valor Presente Líquido (VPL)
Valores Máximos Permitidos (VMP)
Vistorias Técnicas Ambientais (VTA)
Volume de Reservação Ideal (VRI)
World Resources Institute (WRI)
Zinco (Zn)

Adriano Nascimento Martins – Agente de Suporte Administrativo na Sanepar/GRTO desde 2005, graduado em Tecnologia em Desenvolvimento de Software (Unipar, 2007), Técnico em Informática (Ceje, 2012). Contato: adrianonm@sanepar.com.br

Aline Tramontim Vale Bertolini – Graduada em Tecnologia em Processamento de dados pela Unesp e Ciências Econômicas pela Faculdade do Norte Pioneiro (Fanorpi), é Coordenadora de Planejamento e Administração da Sanepar – Gerência Regional de Santo Antônio da Platina. Contato: alinetv@sanepar.com.br

Altair José da Silva – Graduado em Ciências Econômicas pela Unioeste, é empregado da Sanepar desde 04/09/2001, Agente Suporte Operacional da Coordenação Industrial da Gerência Regional Toledo (GRTO). Contato: altairjs@Sanepar.com.br

André Clivati Astafieff – Geógrafo pela Uel. Tecnólogo em Gestão Pública pelo Instituto Federal do Paraná (IFPR). Especialista em Gestão, Licenciamento e Auditoria Ambiental pela Unopar. Agente Técnico de Produção da Sanepar. Contato: aclivati@sanepar.com.br

André Luis Sibim – Eletricista formado pelo Senai (1992), Técnico em Eletrotécnica pelo Cefet-PR (1996), graduado em Engenharia Industrial Elétrica pelo Cefet-PR (2002). Atua como Engenheiro Eletricista na Gerência de Projetos Especiais da Sanepar (desde 2005). Contato: alsibim@sanepar.com.br

Anelisa Ramão – Possui graduação em Ciências Biológicas pela Unesp (2005), mestrado (2010) e doutorado (2014) em Biologia Celular e Molecular pela Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (Usp) e pós-doutorado em Genética (2016) pela mesma Instituição. Desenvolveu parte do trabalho de doutorado na Columbia University Medical Center (CUMC), na cidade de Nova Iorque (NY-EUA). Contato: anelia.ramao@unicentro.br

Antonio Gil Fernandes Gameiro – Engenheiro Civil pela Uem. Mestre em Engenharia de Edificações e Saneamento pela Uel. Gerente da Gerencia Geral da Região Nordeste (GGND) da Sanepar. Contato: gilgameiro@Sanepar.com.br

Cibele Bender Raio – Doutora em Ciências Biológicas (Zoologia) pela Unesp, graduação e mestrado em Ciências Biológicas pela Uel. Coordenadora de pesquisa da pós-graduação em Saneamento Ambiental. Professora Colaboradora da Uenp. Tem experiência na área de Ecologia e Divulgação Científica. Contato: cibeled.raio@uenp.edu.br

Crislaine Mendes – Mestre em Geografia pela Uel, especialista em Saneamento Ambiental (Uenp) e em Turismo em Áreas Naturais (IBPEX), é Analista – Gestora em Educação Socioambiental na Sanepar, atua no planejamento e na execução do Programa de Educação Ambiental da Companhia. Contato: crislainem@sanepar.com.br

Diane Agustini – Graduada em Biologia pelo Centro Universitário Católico do Sudoeste do Paraná, especialista em Auditoria Ambiental e Biotecnologia Ambiental pela Unipar e em Saneamento Ambiental pela Uenp. Atua na Coordenação Comercial da Sanepar de Pato Branco. Contato: diane@Sanepar.com.br

Diego Augusto Klein Mayer – Com especialização em Saneamento Ambiental pela Uenp e graduação em Engenharia Civil pela Uem, atua como Engenheiro Civil na Sanepar. Contato: diego.mayer@Sanepar.com.br

Dyego Leonardo Ferraz Caetano – Doutorado em Biologia Comparada pela Uem, é Professor Colaborador da Uenp e pesquisador do Grupo de Estudos e Pesquisa em Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada. Contato: dyego_jcz@Uenp.edu.br

Elaine Carvalho da Paz – Mestre em Construção Civil pela UFPR e mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental pela UEPG, é engenheira de projetos da Sanepar, membro da Câmara Temática de Perdas e Eficiência Energética da ABES/Regional Sul. Contato: elainecp@sanepar.com.br

Eleandro Rodio – Graduada em Ciências Biológicas pela Unioeste, pós-graduada em Saneamento Ambiental pela Uenp, mestranda em Engenharia Agrícola na Unioeste, linha de Pesquisa em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Com 12 anos de experiência no setor de saneamento básico. Contato: eliandra-wager@gmail.com.

Evori Roberto Patzlaff – Graduado em engenharia civil pela Faculdade Dinâmica das Cataratas (UDC), especialização em Saneamento Ambiental pela Uenp. Contato: evorirp@gmail.com

Fabiano Lopes Rocha – Mestre em Engenharia da Produção e Sistemas pela PUC-PR, é engenheiro Eletricista da Sanepar, lotado na Gerência de Projetos Especiais (GPES). Contato: rocha.fabianolopes@gmail.com

Fernanda Armelinda Cardoso – Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental (UTFPR), graduada em Ciências Biológicas (UTP), Química Ambiental Aplicada à Indústria (PUC-PR), Assistente da Diretoria de Meio Ambiente e Ação Social/ Gerência de Pesquisa e Inovação da Sanepar. Contato: fernandaac@Sanepar.com.br

Fernanda Janaína Oliveira Gomes da Costa – Doutorado em Engenharia de Alimentos (UFPR), mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos e Engenharia de Alimentos (UEPG), Engenharia Química (PUC-PR), é Engenheira na GPIN/Sanepar. Contato: janainaogc@sanepar.com.br

George Francisco Santiago Martin – Mestrado e doutorado pela Uel, é Professor Adjunto da Uenp, professor do Programa de Pós-Graduação em Educação – Mestrado Profissional (PPed/Uenp). Contato: george@uenp.edu.br

Gilson Mussi dos Reis – Mestrado em Engenharia de Produção pela UFSC-SC, graduado em Ciências Econômicas pela Unioeste-Campus Toledo. Professor do Centro Universitário Unisep-CEUUN, Francisco Beltrão Pr, e empregado da Sanepar. Contato: gilsonmussi@gmail.com

João Guilherme Baggio de Oliveira – Mestrado e doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela UEPG, é docente do Senac-PR. Contato: joao.baggio@pr.senac.br

João Paulo Alvarenga – Engenheiro Civil (PUC-PR), Técnico em Edificações (Cefet-PR), é Gerente de Planejamento de Investimentos (Sanepar). Contato: jalvarenga@sanepar.com.br

Jorge Sobral da Silva Maia – Biólogo (UFSCar), doutor e pós-doutor em Educação para a Ciência (Unesp), mestre em Ecologia (UFSCar), especialista em Educação Ambiental (Usp) e em Saúde Coletiva (Uenp). Professor Associado dos Programas de Pós Graduação em Educação e Ciência Jurídica da Uenp e no Programa de pós-graduação em Educação para a Ciência da Unesp. Contato: sobralmaia@uenp.edu.br

Juciane S. A. Hamerski – Técnica em edificações na Sanepar. Formada em Ciências Econômicas pela Univel Centro Universitário, pós-graduada em Auditoria Perícia e Gestão Ambiental pelo Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz, acadêmica do 5º ano em Engenharia Civil pela Unopar. Contato: juciane@sanepar.com.br

Julio Kazuhiro Tino – Engenheiro Civil e mestre em Engenharia de Edificações e Saneamento pela Uel. Engenheiro de Desenvolvimento Operacional da Sanepar. Contato: jktino@sanepar.com.br

Karina KrigUel – Mestrado em Meio Ambiente Urbano e Industrial pela UFPR em parceria com o Senai-PR e Universidade de Stuttgart, é Técnica em Química da Sanepar. Atua na área de Pesquisa e Inovação. Contato: karinak@sanepar.com.br

Kleber Gomes Ramirez – Doutorando em Energia e Sustentabilidade pela Unila, é Engenheiro Ambiental, Gestor de Educação Ambiental da BP3 e atua no setor da Qualidade na Gerência

Regional Foz do Iguaçu (Sanepar). Contato: klebergr@sanepar.com.br

Lilian Maria Pagamunici de Oliveira – Técnica em Alimentos da Sanepar, graduada em Tecnologia em Alimentos (UTFPR) com formação pedagógica em Química (UTFPR), especialista em Alimentos de Origem Vegetal (UFLA) e Saneamento Ambiental (Uenp), mestra (Uel) e doutora (Uem) em Ciência de Alimentos. Contato: lilianmp@sanepar.com.br

Luiz Fernando Wagner – Engenheiro civil, mestre em engenharia sanitária e ambiental, com graduação e mestrado pela UEPG, é engenheiro da Sanepar, lotado na Gerência Regional de Manutenção Eletromecânica Sudeste (GEMSD). Contato: lfwagner@sanepar.com.br

Luiz Henrique Fujisao da Silva – Engenheiro Civil pela Uel e especialização em Planejamento e Gerenciamento Estratégico pela PUC-PR. Atua na Sanepar de Londrina no desenvolvimento de melhorias e tecnologias para operação dos sistemas de esgoto. Contato: lhfujsao@sanepar.com.br

Marlene Alves de Campos Sachet – Doutoranda e mestre em Gestão Ambiental pela Universidade Positivo. Especialista em Análise Ambiental (UFPR) e Administração de Empresa (FAE). Bacharel em Estatística (UFPR), desenvolve atividades na área de gerenciamento de riscos da Sanepar. Contato: macsachet@gmail.com

Mateus Luiz Biancon – Doutor em Educação para a Ciência e a Matemática pelo PCM-Uem. Graduado em Ciências Biológicas pela Uel. Professor Adjunto C na Uenp. Atua na Área de Ciências

Biológicas, com pesquisas em Educação e o Ensino de Ciências.
Contato: mateusbiancon@uenp.edu.br

Nelson Menolli Jr. – Professor do IFSP, Pesquisador Associado do Instituto de Botânica (IBt), graduado em Ciências Biológicas (Uel), mestre e doutor em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente (IBt) com pós-doutorado pela Clark University (Worcester, EUA). Contato: menollijr@ifsp.edu.br

Nilson César Bertóli – Doutor em Administração (UFMS), mestre em Administração (Unip), bacharel em Ciências Contábeis (Unifio), especialista em Auditoria e Controladoria, e Metodologia do Ensino Superior (Unopar). Professor na SEED e na Uenp (CCSA-CCP). Contato: nilson.bertoli@uenp.edu.br

Paola Dotto Dall'Oglio – Engenheira civil formada pela Unioeste em 2000 e trabalha na área operacional da Sanepar de Cascavel desde janeiro de 2001. Pós-graduada em Gestão Ambiental pela Uem em maio de 2003. Contato: pdotto@sanepar.com.br

Priscila Oliveira de Souza Donadello Figueiredo – Engenheira civil e mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), é engenheira da Sanepar e atua no setor de desenvolvimento operacional da Gerência Regional de Foz do Iguaçu. Contato: prisciladf@sanepar.com.br

Reinaldo Benedito Nishikawa – Pós-doutorado em História da Ciência pela Universidade de Coimbra, doutorado em História Econômica e mestrado em História Social, ambos pela Usp, docente do IFPR-Londrina, fundador do Grupo de Pesquisa CNPq (CEPECH). Contato: reinaldo.nishikawa@ifpr.edu.br

Roberto Toyohiko Hirama – Graduado em Engenharia Elétrica pela Uel com especialização em Automação Industrial pela UTFPR, é Engenheiro Eletricista da Sanepar. Contato: rthirama@sanepar.com.br

Ronald Gervasoni – Mestrado em Meio Ambiente Urbano e Industrial pela UFPR em parceria com o Senai-PR e Universidade de Stuttgart, é Engenheiro Ambiental da Sanepar, atua na área de Pesquisa e Inovação. Contato: ronaldg@sanepar.com.br

Rosane Terezinha Chiarello – Especialização em administração com ênfase em sistemas de informação e gestão da qualidade pela FAE Business School de Curitiba, é Suporte Administrativo na Sanepar. Contato: rtchiarello@sanepar.com.br

Roseli Fernandes – Mestre em Engenharia Química pela UFSC (2005), graduada como Tecnóloga Ambiental pelo Cefet (2003), Técnica Ambiental pelo Cefet (2002), formação docente da Educação (2003), atua como Técnico Ambiental na Sanepar. Contato: roselif@sanepar.com.br

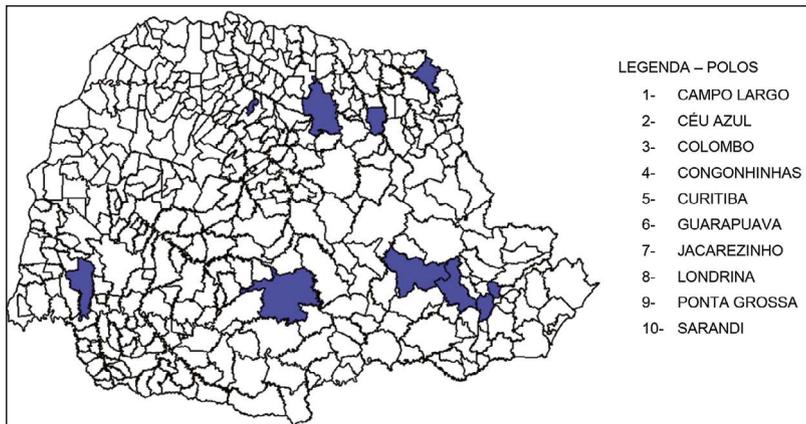
Simone Cararo Kozlinski – Especialista em Saneamento Ambiental pela Uenp-EaD, graduada em Ciências Contábeis e especialista em Gestão Estratégica de Pessoas pela Unicentro. Atua na Sanepar desde 2006 na área de Relacionamento ao Cliente. Contato: scararok81@gmail.com

Suzana Maria Halitski Tomaz – Graduada em Tecnologia em Recursos Humanos pela Unicesumar (2010), é Secretária de Diretor na Diretoria de Investimentos da Sanepar. Contato: suzannah@sanepar.com.br

Thaisa Carolina Ferreira Weiss – Engenheira Ambiental pela Unesp, mestrado em Energia pela Usp/IEE. É Engenheira Ambiental da Sanepar, atuando no planejamento e desenvolvimento ambiental da empresa. Contato: thaisacfw@sanepar.com.br

Vanderléia Loff Lavall – Graduada em Economia pela Unioeste e pós-graduada em Controladoria e Gestão Financeira pela Unipar e em Saneamento Ambiental pela Uenp, atua como economista na Sanepar. Contato: vanderleia4@gmail.com

Figura: Cidades/Polo do curso de Especialização em Saneamento Ambiental.



O conhecimento presente neste livro evidencia elevada contribuição teórica e prática ao campo dos saberes referentes ao saneamento ambiental, o que faz desta obra uma leitura relevante não somente para os profissionais do saneamento em suas diversas expressões, mas também a pesquisadores, técnicos, tecnólogos, gestores de instituições públicas e privadas, estudantes de graduação e pós-graduação e, ainda, à população em geral, pessoas interessadas em adquirir informações de qualidade sobre o saneamento ambiental no estado do Paraná e no Brasil.

