

## II-210 - VIABILIDADE DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO COM COGERAÇÃO COM BIOGÁS EM DIFERENTES ESCALAS DE SUPRIMENTO DE ENERGIA – ANÁLISE ECONÔMICA

**Rodrigo Alves dos Santos Pereira<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Ambiental pela Escola de Engenharia da Universidade Federal Fluminense. Mestre em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos pela Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Especialista de Pesquisa e Tecnologia do Grupo Águas do Brasil S/A.

**Magali Christe Cammarota<sup>(2)</sup>**

Engenheira Química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. D.Sc. em Bioquímica (IQ/UFRJ). Professor Associado do Departamento de Engenharia Bioquímica, Escola de Química/UFRJ.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Marquês do Paraná, 110 - Centro - Niterói - RJ - CEP: 24030-211 - Brasil - Tel: (21) 2729-9200 - e-mail: rodrigo.pereira@grupoaguasdobrasil.com.br

**Endereço<sup>(2)</sup>:** Av. Athos da Silveira Ramos, nº 149, Centro de Tecnologia – Escola de Química, Bloco E, Sala 203 - Cidade Universitária - Rio de Janeiro - RJ - CEP: 21941-909 - Brasil - Tel: +55 (21) 3938-7568 - e-mail: christe@eq.ufrj.br

### RESUMO

Com a finalidade de produzir energia, este estudo propôs avaliar o aproveitamento de gás metano produzido em dois diferentes modelos de estação de tratamento de esgoto para populações variando entre 50.000 e 500.000 habitantes. Os modelos adotados foram um sistema com reator anaeróbio do tipo UASB (*upflow anaerobic sludge blanket*) seguido de Lodos Ativados, e o outro um Lodos Ativados com Digestão Anaeróbia do lodo. Para realizar o trabalho, foram dimensionados os sistemas de tratamento, os custos de implantação dos projetos, os custos de operação dos sistemas e a projeção de receita com o serviço de tratamento de esgoto. A análise econômica dos modelos de tratamento de esgoto, sem o sistema de geração de energia, revelou que para os sistemas de 50.000 habitantes a geração de energia não é viável. A análise econômica também apontou que todos os projetos de geração de energia têm viabilidade para implantação nas escalas pretendidas, sendo o modelo com reatores UASB mais indicado nas escalas de 100.000 e 500.000 habitantes. Para escalas entre 200.000 e 400.000 habitantes os projetos com digestão anaeróbia de lodo proporcionam um retorno maior que os projetos com reatores UASB.

**PALAVRAS-CHAVE:** Lodo, Esgoto, Digestão Anaeróbia, Biogás, Análise Econômica.

### INTRODUÇÃO

Um país em desenvolvimento possui diversos desafios para manter a infraestrutura necessária para continuar crescendo, passando desde o suprimento de energia até as dinâmicas obras de saneamento básico. O Brasil possui cerca de 204 milhões de habitantes (BRASIL, 2014) espalhados em um território extenso, o que torna ainda mais complexa a elaboração de planos integrados para prover toda a infraestrutura básica.

A falta de saneamento básico, principalmente de tratamento de esgotos, é uma questão ainda mais séria do que o suprimento de energia. Enquanto 97,8% dos brasileiros possuem luz em suas residências, apenas 39% de todos os esgotos gerados possuem algum tipo de tratamento (BRASIL, 2014). Estes números indicam o grande avanço do setor elétrico, mas mostram também a precariedade dos serviços de saneamento no Brasil.

Ainda assim, não é simples separar a questão energética da situação do saneamento básico, pois a matriz energética brasileira é fortemente alicerçada no uso dos recursos hídricos, ou seja, só temos energia quando temos água, que é a mesma que utilizamos para abastecer nossas cidades.

Em um cenário de escassez de chuvas é difícil prever a extensão das perdas, pois são afetados diversos setores da economia. Não somente pelos incrementos nas tarifas de energia, mas pela dificuldade em continuar a atividade produtiva sem água disponível. Mais além, a crise hídrica nos leva a vislumbrar novas oportunidades, desenvolver novos processos e quebrar paradigmas, para adaptação ao período conturbado.

Com a oportunidade de adoção de novos conceitos, é chance de repensar o atual ciclo do saneamento, onde o tratamento de esgotos é visto como um passivo pelo consumo da água. Na realidade, os efluentes domésticos são uma fonte bastante diversificada de recursos, podendo ser reutilizada a água do seu tratamento e até extraída energia durante o processo. Ainda podemos ressaltar que a produção de esgotos é uma constante, o que faz deles uma fonte de recursos estável e desperdiçada diariamente.

Muitas vezes por desconhecimento ou por fatores culturais deixa-se de aproveitar o real potencial desses efluentes. O tratamento de esgotos domésticos gera uma extensa gama de subprodutos que podem ser aproveitados de maneiras distintas, caso seja aplicada a tecnologia adequada. A produção de energia em Estações de Tratamento de Esgoto tem sido largamente estudada por pesquisadores ao redor do mundo inteiro, com a expectativa de tornar as unidades autossustentáveis do ponto de vista energético. Nessa linha, espera-se minimizar a dependência das empresas de saneamento do setor energético, seja em função do suprimento, ou da variação nas tarifas das companhias distribuidoras, passando a ser uma meta a eficiência energética de suas unidades.

O objetivo principal deste trabalho é mostrar a viabilidade técnica e econômica de Estações de Tratamento de Esgoto por meio da cogeração com biogás, em diferentes escalas do suprimento de energia, para determinação do modelo ideal de aplicação nas unidades.

## METODOLOGIA

Uma análise econômica foi realizada com base em dois processos de tratamento de efluentes e produção de biogás, sendo um com processo de Lodos Ativados convencional e aproveitamento do lodo para produção do gás de interesse e o outro com reator UASB (*upflow anaerobic sludge blanket*), seguido de polimento aeróbio do tipo Lodos Ativados, sendo o gás produzido no reator UASB.

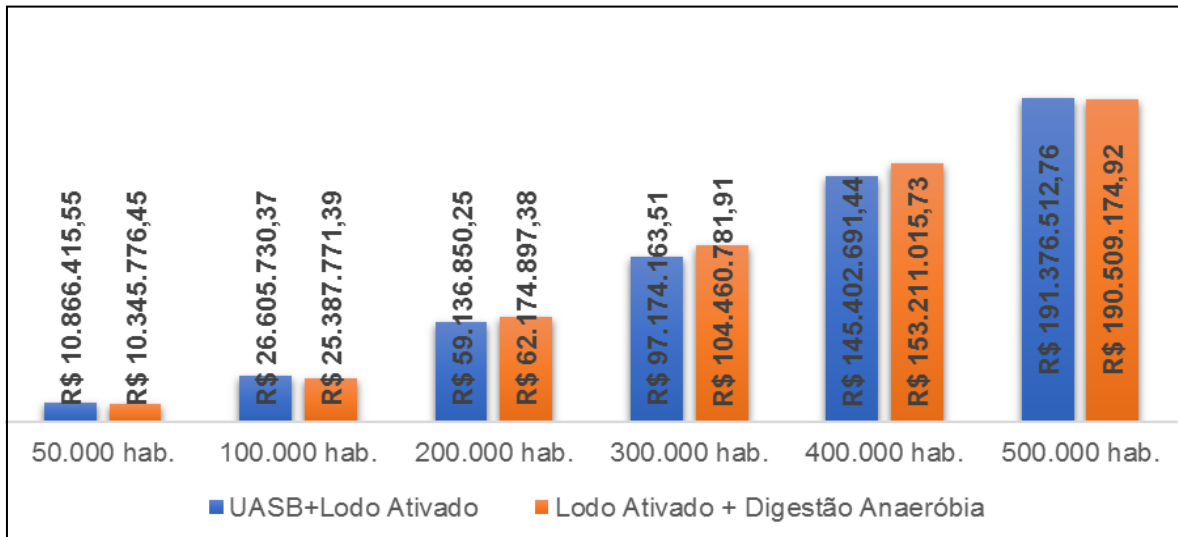
A análise econômica foi realizada utilizando a metodologia de fluxo de caixa com aplicação dos indicadores de investimento de valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e *payback* corrigido. Para realizar esse estudo foi necessário utilizar como dados de entrada valores obtidos em levantamento de custos para implantação do sistema com o aproveitamento de biogás e os custos para operação. Além disso, como forma de garantir maior proximidade à aplicação real do projeto, foram utilizadas as tarifas praticadas para coleta e tratamento de esgoto em cidades nas faixas de população do estudo (50.000 a 500.000 hab.). Espera-se, dessa maneira, poder indicar a viabilidade de implantação do sistema e a sustentabilidade do modelo de negócio.

Foi feita uma composição de custos e receitas da seguinte maneira: Custos de Implantação: execução do Projeto – Construção, Equipamentos, etc.; Custos Operacionais: Energia Elétrica, Tratamento e Disposição de Lodo, Recursos Humanos; Receitas: Arrecadação por meio da tarifa de esgoto, Redução indireta do consumo de energia pela implantação do projeto.

## RESULTADOS

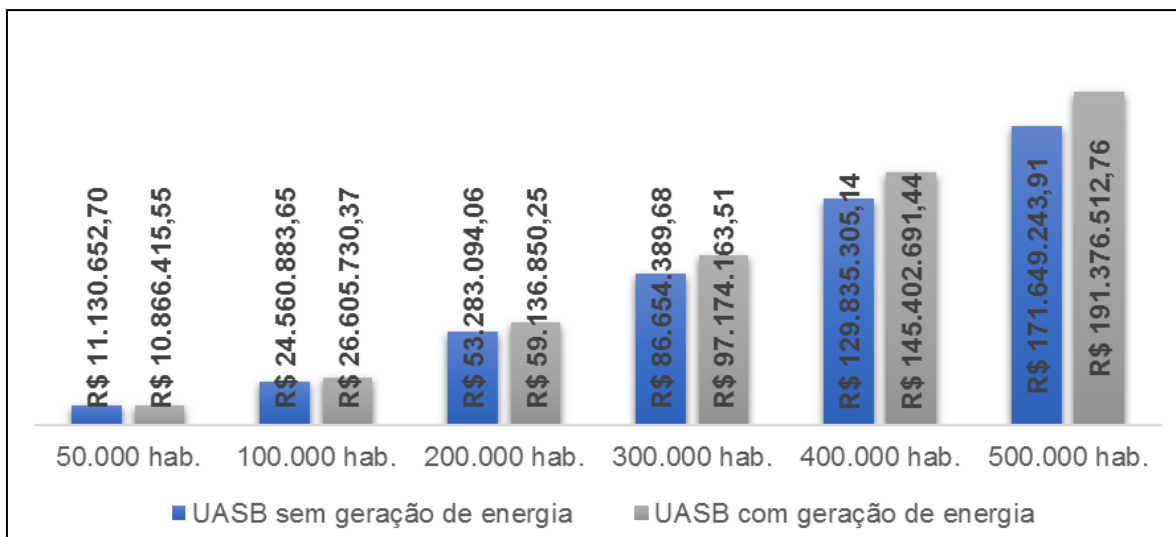
Após o dimensionamento dos custos de implantação da ETE e do sistema produtor de energia, dos custos operacionais e da receita esperada, foi possível realizar a análise econômica com os métodos propostos. O primeiro método, o valor presente líquido (VPL), representa o retorno financeiro obtido pelo projeto após um determinado período de tempo. Como o dinheiro sofre variações ao longo do tempo, é necessário adotar uma taxa de juros que represente os interesses do investidor, para que seja possível corrigir os fluxos para o valor presente. A taxa de juros adotada foi de 12% a.a., sendo esse número utilizado como prática nas análises do setor de saneamento. Além disso, é necessário prever um horizonte temporal para realizar a análise, uma vez que o investidor ou a concessionária de saneamento deseja saber o retorno esperado com o projeto. A maior parte dos contratos de concessão no setor privado tem duração média de 30 anos, podendo ser prorrogados caso seja desejo do ente público. No caso das concessionárias públicas, o prazo é ainda mais extenso, por se tratarem de empresas do próprio governo. Dessa forma, foi estabelecido um horizonte de 15 anos para o projeto, por ser inferior ao prazo de duração de um contrato de concessão e o suficiente para realização de novos investimentos em expansão da unidade, em função do crescimento populacional.

A Figura 1 mostra o resultado da análise de VPL comparativa entre os projetos, na qual é possível observar uma ligeira vantagem para os reatores UASB na escala até 100.000 habitantes. No entanto, para as escalas entre 200.000 habitantes e 400.000 habitantes, o arranjo com a digestão anaeróbia de lodo mostrou retornos superiores ao outro sistema. Para a população acima de 500.000 habitantes o sistema com reator UASB volta a ser economicamente mais interessante. Ainda, para garantir a vantagem do arranjo das estações de tratamento com uma linha de gás para geração de energia, foi realizada a análise caso esse sistema não fosse implantado. Esta análise foi comparada com o projeto de geração de energia.

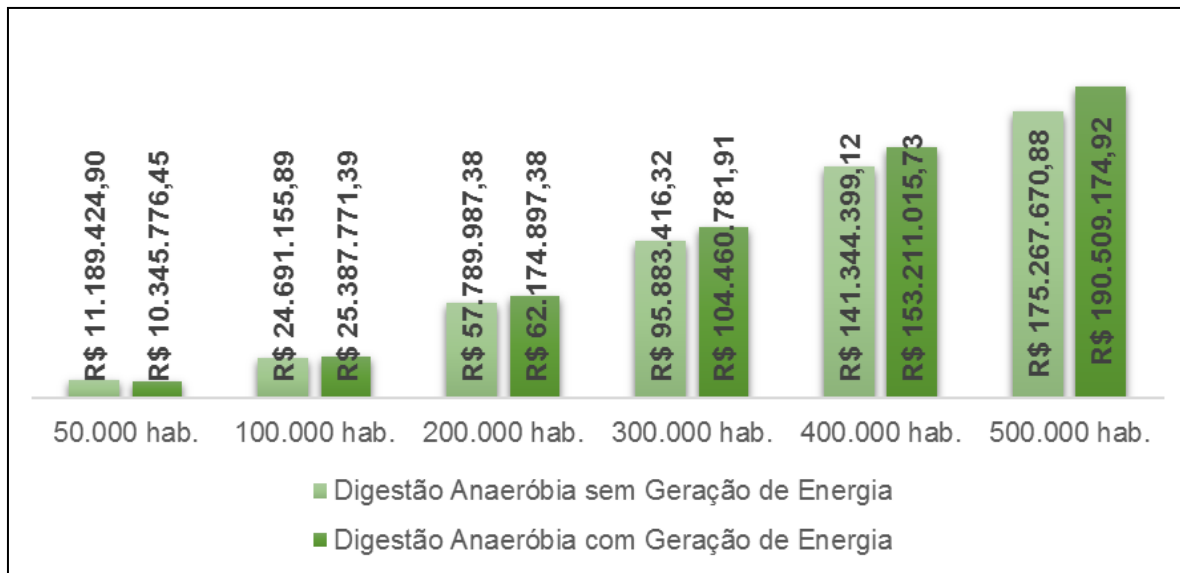


**Figura 1: VPL dos projetos de ETE.**

As Figuras 2 e 3 mostram os resultados dessa análise para os reatores UASB e digestores anaeróbios de lodo, respectivamente. Em todos os casos, a opção pelo projeto com geração de energia foi mais vantajosa. O pior caso para os reatores UASB foi para populações da ordem de 50.000 habitantes, onde a diferença no retorno obtido pode não ser significativa em função dos transtornos de operação de um sistema paralelo. Já para a digestão anaeróbia de lodo, os sistemas só começam a se mostrar de fato superiores após a faixa de 200.000 habitantes.

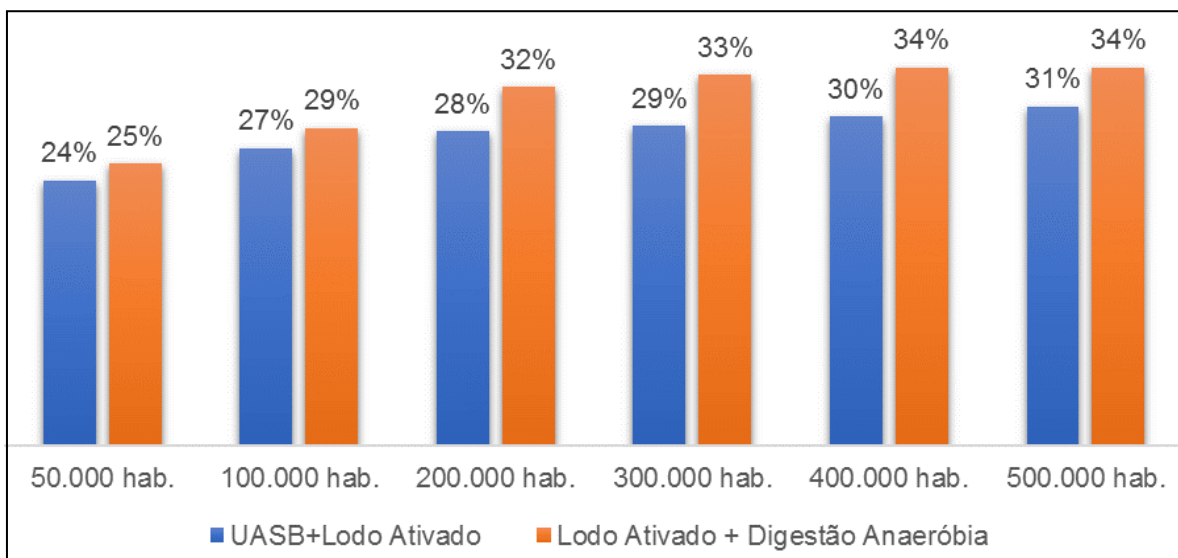


**Figura 2: Comparativo entre os projetos com e sem Geração de Energia – UASB.**



**Figura 3: Comparativo entre os projetos com e sem Geração de Energia –Digestão Anaeróbia.**

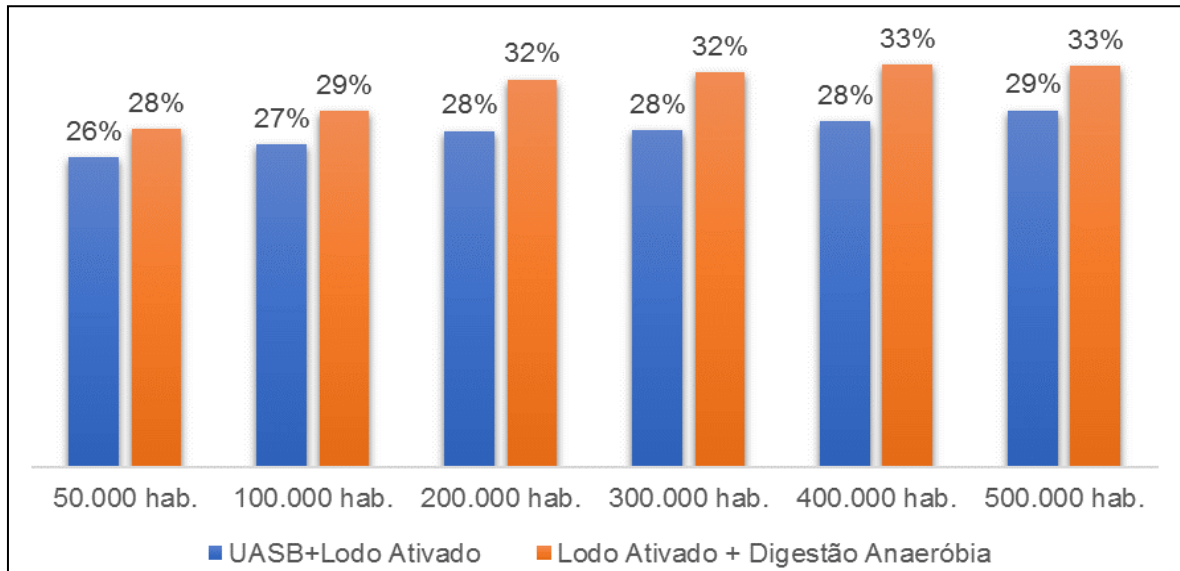
A outra análise realizada foi a avaliação da Taxa Interna de Retorno (TIR) para os projetos de geração de energia. De forma geral, os projetos na área de saneamento são atrativos, pois existe uma expectativa de longos períodos de arrecadação com investimentos relativamente baixos. A taxa mínima de atratividade adotada para os projetos foi de 14,25% a.a., valor da taxa SELIC no ano de 2015, que é a taxa básica de juros da economia brasileira. Dessa forma, é possível observar, na Figura 4, que todos os projetos apresentam taxas internas de retorno superiores a adotada como mínima para que o projeto seja atrativo à concessionária de saneamento. Os projetos com reatores UASB apresentam TIR inferiores aos projetos com digestão anaeróbia de lodo por apresentarem um custo de implantação mais elevado, o que torna esses processos menos atrativos do ponto de vista econômico.



**Figura 4: Taxa Interna de Retorno dos projetos de ETE com Geração de Energia.**

Além disso, foi feita a análise para os projetos sem o sistema de geração de energia, conforme pode ser visualizado na Figura 5. As taxas internas de retorno continuam superiores à taxa mínima de atratividade, sendo superiores aos sistemas com geração de energia nas escalas de 50.000 e 100.000 habitantes, iguais para 200.000 habitantes, e inferiores nas escalas superiores a 300.000 habitantes.

Esse resultado indica que para as escalas maiores a aplicação é de fato mais interessante, pois reduz os custos operacionais de maneira que o investimento aponta um maior retorno, mesmo sendo necessário realizar um investimento maior no início do projeto. No entanto, para as escalas inferiores a 200.000 habitantes, a TIR aponta que a opção por projetos sem geração de energia é mais vantajosa, pois a economia obtida com a produção energética não justificaria o investimento nas instalações e equipamentos necessários.



**Figura 5: Taxa Interna de Retorno dos projetos de ETE sem Geração de Energia.**

A última análise realizada foi a do tempo de retorno do investimento, ou *payback*, para determinar o período necessário para que o projeto se pague. O cálculo foi realizado considerando o valor do dinheiro no presente, sendo o resultado mostrado na Tabela 1. Todos os projetos apresentam períodos de retorno dentro do horizonte de 15 anos estabelecido para a análise econômica, sendo que os projetos com digestão anaeróbia de lodo apresentam *paybacks* inferiores aos projetos com reatores UASB. Mesmo com custos operacionais inferiores e potenciais de receita maiores, o custo de implantação dos reatores UASB acaba dilatando os períodos de retorno do investimento.

**Tabela 1: Tempo de Retorno do Investimento (*Payback*).**

População (habitantes)	UASB + Lodos Ativados	Lodos Ativados + Digestão Anaeróbia
	TRI (anos)	TRI (anos)
50.000 hab.	6	6
100.000 hab.	5	5
200.000 hab.	5	4
300.000 hab.	5	4
400.000 hab.	5	4
500.000 hab.	5	4

## **CONCLUSÕES**

A análise econômica apontou que todos os projetos de geração de energia têm viabilidade para implantação nas escalas pretendidas, sendo o modelo com reatores UASB mais vantajoso nas escalas de 50.000, 100.000 e 500.000 habitantes, com diferenças no retorno financeiro de R\$ 520.639,11, R\$ 1.217.958,97 e R\$ 867,337,84, respectivamente, para os mesmos projetos de digestão anaeróbia.

Para escalas 200.000, 300.000 e 400.000 habitantes os projetos com digestão anaeróbia de lodo proporcionam um retorno maior que os projetos com reatores UASB, sendo que a diferença nessas escalas para os projetos com reatores UASB são de R\$ 3.038.047,14, R\$ 7.286.618,40 e R\$ 7.808.324,29, respectivamente.

O principal diferencial para os retornos superiores dos projetos com digestão anaeróbia de lodo está relacionado ao menor custo de implantação da unidade de forma geral. Comparados aos modelos com reatores UASB, são necessárias menos estruturas construídas, o que reflete diretamente no custo de implantação, como foi evidenciado nesse trabalho.

Ainda na análise econômica dos modelos de estação para geração de energia, é possível dizer que em todas as escalas a TIR foi superior à taxa mínima de atratividade, o que garante a relevância do projeto para as concessionárias e possíveis investidores do setor de saneamento. O retorno do investimento também está adequado para todas as situações propostas, uma vez que o projeto implantado se paga em 6 anos no pior dos casos, período inferior ao horizonte do projeto de 15 anos.

Foi necessário também realizar a análise econômica dos modelos de tratamento de esgoto sem o sistema de geração de energia, para que fosse possível validar o investimento nas linhas de gás. Para os sistemas de 50.000 habitantes sem geração de energia o VPL foi superior em R\$ 264.237,14 e R\$ 843.648,45 para os projetos com reatores UASB e digestão anaeróbia de lodo, respectivamente. O que mostra que a geração de energia não é viável em projetos dessa magnitude. Já para as escalas superiores a 100.000 habitantes, os projetos com geração de energia apresentam VPL superior em pelo menos R\$ 696.615,50 aos projetos sem geração, apontando a viabilidade nessa escala.

De forma geral, o estudo indica que os projetos com digestão anaeróbia de lodo para geração de energia são mais indicados em escalas populacionais entre 200.000 e 400.000 habitantes, enquanto que os projetos com reatores UASB são mais indicados para as escalas de 100.000 e 500.000 habitantes.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR 12.209/2011 - Elaboração de projetos hidráulicos sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.
2. BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL – SNSA. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2013. Brasília: SNSA/MCIDADES, 181 p., 2014.