

MELHORIA NOS ÍNDICES DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO COM A CONSTRUÇÃO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO NO DISTRITO DE CAUCAIA DO ALTO NO MUNICÍPIO DE COTIA (SP)

Walison de Carvalho⁽¹⁾

Licenciatura em Química pela Universidade Camilo Castelo Branco. Especialista em Elaboração e Gerenciamento de Projetos para a Gestão Municipal de Recursos Hídricos pelo Instituto Federal de Ciências e Tecnologia do Ceará. Discente do curso de especialização em Geoprocessamento da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Discente do curso de Master em Engenharia Sanitária da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais pela Técnico em Sistemas de Saneamento da Companhia de Saneamento Básico de São Paulo.

Marcia Carvalho da Silva⁽²⁾

Técnico Químico pela Organização Sorocabana de Ensino Colégio Oswaldo Cruz. Bacharel em Farmácia e Bioquímica pela Universidade Paulista. Técnico em Sistema de Saneamento da Companhia de Saneamento Básico de São Paulo.

Endereço⁽¹⁾: Est. Municipal do Aguassai, 1100 – Jardim Japão - Cotia - SP - Brasil - Tel: +55 (11) 4611-4516
- e-mail: walisondecarvalho@yahoo.com.br

RESUMO

O distrito de Caucaia do Alto sofre com o mesmo problema de várias cidades brasileiras, a destinação inadequada do esgoto doméstico, que mesmo quando coletado é lançado diretamente nos corpos hídricos que formam a microbacia hidrográfica do rio Sorocamirim, na bacia hidrográfica dos rios Sorocaba e Médio Tietê, sendo eles os córregos Foges, Aguassai e Pununduva e os ribeirões Vargem Grande e dos Pereiras. O descarte irregular de esgoto nos corpos hídricos causa vários transtornos ao meio ambiente e a saúde pública, por exemplo, a eutrofização dos mananciais, o aumento de doenças de veiculação hídrica e também o aumento nos custos do processo de tratamento da água para consumo humano. Com o objetivo de diminuir a carga de esgoto despejada nos rios e córregos do distrito foi projetada uma estação de tratamento de esgoto que atendesse as necessidades da população com um horizonte de projeto de vinte anos. O sistema de tratamento escolhido foi a lagoa de estabilização, especificamente o sistema australiano, composto por duas lagoas anaeróbias seguida por quatro lagoas facultativas e uma lagoa de maturação com chicanas. Este sistema foi escolhido por apresentar menor área útil se comparada a outros sistemas, além baixo custo de implantação e operação, além da eficácia, simplicidade e flexibilidade se comparadas com outros métodos de tratamento.

PALAVRAS-CHAVE: Caucaia do Alto; tratamento de esgoto; lagoas de estabilização

INTRODUÇÃO

De acordo com a Lei 11.445/2007, saneamento básico é definido como o conjunto de serviços, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo de águas pluviais (BRASIL, 2007). A qualidade dos serviços de saneamento básico está relacionada nitidamente com a saúde pública, principalmente nas populações mais vulneráveis, como crianças e idosos, que estão mais sujeitos a sofrer as graves consequências de um ambiente com baixos índices de saneamento (COSTA et al., 2005; GOUVEIA, 1999; PRADO; MIAGOSTOVICH, 2014). As primeiras ações de saneamento no país ocorreram nos séculos XVIII e XIX nas cidades de Vila Rica, Rio de Janeiro, Salvador e Recife, que em decorrência da crescente urbanização foram implantadas redes de chafarizes, bicas e fontes públicas, garantindo assim o abastecimento de água gratuito e comunitário a população. Já os dejetos humanos, estes eram carregados em vasilhames por escravos, denominados tigres de esgoto e despejados no mar ou em valas (MHURTHA et al., 2015).

As ações mais efetivas no setor de saneamento básico ocorreram a partir de 1967 com a implantação do Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), que utilizava como aporte financeiro os recursos oriundos do FGTS (DANTAS et al., 2012; RUBINGER, 2008; SAKER, 2007). Deste modo a União condicionou a oferta de crédito somente a empresas públicas estaduais que prestassem os serviços regionalmente (COSTA, 2010; DANTAS, et al., 2012). A década de 1970 foi o auge deste modelo de gestão, sendo realizados grandes

investimentos, e de contrapartida ocorreu a maior expansão dos índices de acesso a serviços de água potável e esgotamento sanitário (COSTA, 2010). Na década de 1980, devido a várias dificuldades internas e conjunturais foi iniciado o declínio do PLANASA, sendo finalmente extinto em 1992 (DANTAS, et al., 2012; SAIANI; TOLEDO, 2010).

Apesar dos avanços significativos no setor de saneamento nos últimos trinta anos, não houve a implementação de um instrumento legal que estabelecesse regras claras para a prestação de serviços relacionadas ao saneamento, retardando o atendimento da crescente demanda da população por estes serviços e resultando na deficitária cobertura, que ainda permanece (HELLER, 2007; RUBINGER, 2008). Esta lacuna foi preenchida em janeiro de 2007 com aprovação da Lei 11.445, conhecida como Lei Nacional do Saneamento Básico, que estabeleceu as diretrizes nacionais para o saneamento básico e instituiu a Política Federal de Saneamento Básico, cobrindo assim uma lacuna histórica após três décadas de debates (COSTA; GUILHOTO, 2014; HELLER, 2007; MOISÉS et al., 2010).

A rede de serviços de saneamento básico vem se expandindo no país na última década, porém a velocidade de crescimento tem sido insuficiente para suprir as demandas sempre crescentes da população, o que faz com que os índices de atendimento atinjam níveis de países subdesenvolvidos (COSTA et al., 2005; GOUVEIA, 1999; PRADO; MIAGOSTOVICH, 2014; TEXEIRA et al., 2014).

Dados do Sistema de Informações sobre Saneamento (SNIS) apontam que no ano de 2015, metade da população brasileira não tinha acesso a um sistema de coleta de esgoto, mais precisamente, apenas 50,3% (Tabela 01), ou seja, mais de 100 milhões de pessoas ou utilizam fossa, ou interligam a saída do esgoto ao sistema de água pluvial e simplesmente jogam o esgoto diretamente em rios (SNIS, 2017).

Tabela 01 - Evolução dos índices de atendimento da população total com coleta de esgotos (IN₀₅₆) e de tratamento dos esgotos gerados (IN₀₄₆) para os prestadores de serviços participantes do SNIS entre 2005 e 2015. Fonte: SNIS, 2017.

Região	Índice de atendimento com rede (%)				Índice de tratamento de esgoto gerado (%)	
	Água		Coleta de esgoto		Esgoto gerado	Esgoto coletado
	Total	Urbano	Total	Urbano		
Norte	56,9	69,2	8,7	11,2	16,4	83,9
Nordeste	73,4	89,6	24,7	32,2	32,1	78,5
Sudeste	91,2	96,1	77,2	81,9	47,4	67,8
Sul	89,4	98,1	41,0	47,5	41,4	94,3
Centro-Oeste	89,6	97,4	49,6	54,7	50,2	92,6
Brasil	83,3	93,1	50,3	58,0	42,7	74,0

O tratamento dos esgotos é usualmente classificado através de quatro diferentes níveis, preliminar, primário, secundário e o terciário, sendo este último empregado apenas em casos eventuais (MENDONÇA; MENDONÇA, 2016; VON SPERLING, 2017). O tratamento preliminar se destina a remoção de sólidos grosseiros e materiais flutuantes, o tratamento primário é empregado na remoção de sólidos sedimentáveis e consequentemente parte da matéria orgânica existente no esgoto a ser tratado, nestes dois níveis o mecanismo de remoção é predominantemente mecânico (VON SPERLING, 2017). Já o nível secundário destina-se a degradação biológica da matéria orgânica e eventuais nutrientes como o fósforo e o nitrogênio (MENDONÇA; MENDONÇA, 2016).

De um modo geral, a maioria das estações de tratamento de esgoto construídas alcança apenas o nível de tratamento secundário, mas em alguns casos é necessário o emprego do terceiro nível de tratamento, nesta etapa ocorre a remoção de nutrientes, bem como a desinfecção e remoção de compostos tóxicos, produzindo um afluente de melhor qualidade (MENDONÇA; MENDONÇA, 2016).

Dentre os processos biológicos de tratamento de esgoto sanitário, o mais utilizado no Brasil são as lagoas de estabilização (GONÇALVES, 1999), a escolha deste sistema de tratamento é decorrente de seu baixo custo de implantação e a grande facilidade operacional, principalmente em regiões com disponibilidade de área e de clima quente (KAWAI et al., 2008; VON SPERLING, 2017b). Existem diversas variantes no sistema de operação das lagoas de estabilização, com diferentes níveis de simplicidade operacional e requisitos de área (MENDONÇA; MENDONÇA, 2016; GONÇALVES, 1999; VON SPERLING, 2017b).

Ao considerar as significativas vantagens de custo e operação das lagoas de estabilização, é desejável o desenvolvimento de um processo de polimento de seus efluentes, objetivando a remoção de algas, de modo

eficiente e com baixos custos operacionais (NEDER et al., 2000). A ocorrência de curtos-circuitos e o processo de dispersão influenciam diretamente na eficiência do sistema, fatores externos não controláveis, como o vento, a estratificação térmica e a radiação solar, podem também intervir no processo (PESSÔA; JORDÃO, 2005).

ÁREA DE ESTUDO

O município de Cotia é uma das mais antigas localidades ocupadas no planalto paulista, e sua origem remete aos bandeirantes Fernão Dias Paes Leme e Gaspar de Gódoi Moreira (COTIA, 2018). Com uma área territorial de 323,994 Km² e uma população estimada em 237.750 habitantes, o município é considerado um polo de desenvolvimento da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) que apresenta um grande potencial turístico devido à sua economia e ao uso e ocupação do solo bem variado (LEVENHAGEN, 2012). A cidade acabou crescendo com interpenetração de usos e com a forte presença de loteamentos irregulares ou precários e favelas, além da ocupação de áreas de proteção aos mananciais e ambientalmente sensíveis, onde os loteamentos implantados, sobretudo na área mais ao sul do município, ocuparam áreas pouco adequadas e ambientalmente frágeis (LEVENHAGEN, 2012).

Caucaia do Alto foi elevada a categoria de distrito do município de Cotia em 1944 pelo Decreto Lei nº 14.334 (SÃO PAULO, 1944) e desde então a região vem crescendo em ritmo acelerado, e vive hoje uma realidade dispare das outras regiões, é a região mais preservada de Cotia, onde os remanescentes do cinturão verde de São Paulo estão concentrados, cercado de montanhas, nas cumeeiras da Serra de Paranapiacaba onde boa parte da região é protegida pela Lei Estadual 9866/1997 (LEVENHAGEN, 2012). A precipitação média anual da região é de 1339 mm, sendo que a média do mês mais seco oscila entre 30-60 mm, enquanto a do mês mais quente varia de 150 a 200 mm e apesar de haver uma sazonalidade na região, com uma diminuição na pluviosidade e temperaturas médias entre os meses de abril e agosto, não há déficit hídrico e as variações de precipitação não são suficientes para caracterizar um clima com estação seca marcada (METZER et al., 2006).

Os serviços públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário do município são prestados pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp), concessionados através da Lei Municipal nº 580/79. O contrato de concessão nº DEJ.2/211 foi firmado em 28 de janeiro de 1980 tendo como prazo, o período de 30 anos, e renovado em 19 de outubro de 2010 com o convênio SSE nº 190/2010 por mais 30 anos (COTIA, 2010; SABESP, 2010). Parte do esgoto gerado no município é encaminhado para a ETE Cotia através dos coletores tronco Ribeirão das Pedras II e Cotia I, o restante é encaminhado para ETE Barueri. Porém, em Caucaia do Alto, todo o esgoto produzido é lançado diretamente nos rios e córregos que formam a bacia hidrográfica do rio Sorocamirim (Figura 2) (CARVALHO et al., 2019).

A bacia hidrográfica do rio Sorocamirim (Figura 1) está localizada no extremo sudeste da UGRHI-10 (Sorocaba e Médio Tietê), mais especificamente na bacia hidrográfica do Alto Sorocaba que é composta pelos municípios de Ibiúna, Vargem Grande Paulista, São Roque, Mairinque, Alumínio, Piedade, Votorantim e o distrito de Caucaia do Alto, sua área total é 924,298 km², sendo que a área urbanizada ocupa aproximadamente 71 km², dos quais cerca de 55 km² são caracterizados por pequenos aglomerados populacionais como vilas e vilarejos (GARCIA, 2013). É nesta região que está localizada a cabeceira dos rios Sorocamirim, Sorocabaçu e Una, responsáveis por formar o rio Sorocaba e a represa de Itupaparanga, importante manancial responsável pelo abastecimento de aproximadamente um milhão de habitantes da região (CONCEIÇÃO et al., 2015; GARCIA, 2013; PEDRAZZI, 2009).

O rio Sorocamirim (Figura 2) é o principal corpo hídrico de Caucaia do Alto, estabelecendo a divisão territorial do município de Cotia com Ibiúna. Seus principais contribuintes dentro do município de Cotia são os ribeirões Vargem Grande e do Pereiras, córregos Aguassá, Foges, Pununduva, dos Grilos (Figura 3).

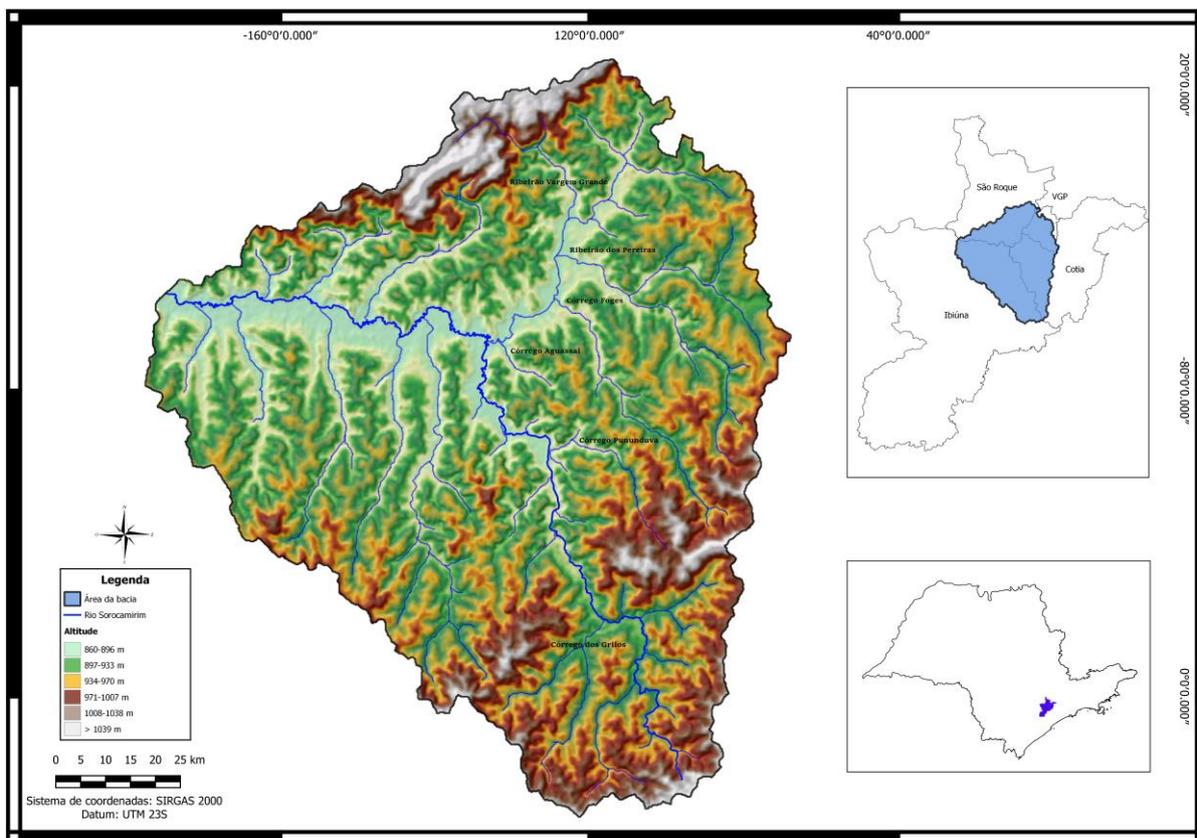


Figura 1. Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do rio Sorocamirim com os principais corpos hídricos no município de Cotia (SP). Fonte: Autoria própria.



Figura 2. Rio Sorocamirim próximo ETA Jdº Japão, Cotia (SP). Fonte: Acervo pessoal

Em decorrência da alta taxa de ocupação do solo aliada a baixa disponibilidade de acesso a rede coletora e a ausência de um sistema de tratamento, todo esgoto gerado em Caucaia do Alto acaba sendo lançado *in natura* diretamente nos rios e córregos da região, conforme apresentado na Figura 4 (CARVALHO et al., 2019).

O lançamento de esgoto sem tratamento nos rios pode causar vários inconvenientes, como por exemplo, o desprendimento de maus odores, o sabor estranho na água potável mesmo após o tratamento convencional, a mortandade de peixes e extinção da vida aquática, além do aumento da disseminação de doenças de veiculação hídrica como a cólera, hepatite, ascaridíase, ancilostomose, estrogiloidose, poliomielite, leptospirose e outros tipos de diarreias infecciosas (COSTA; GUILHOTO, 2014; GOUVEIA, 1999; LISBOA et al., 2013).



Córrego Foges



Córrego Aguassai



Ribeirão Vargem Grande



Ribeirão dos Pereiras



Córrego dos Grilos



Córrego Pununduva

Figura 03. Corpos hídricos que compõem a bacia hidrográfica do rio Sorocamirim. Fonte: Acervo pessoal

Outra consequência do descarte de esgoto sem tratamento nos corpos hídricos é a eutrofização, que ocorre devido a grande quantidade de matéria orgânica e aumento de nutrientes na água, este fenômeno pode ser tanto positivo, servindo de alimento e possibilitando a produção de peixes, como negativo, favorecendo o desenvolvimento de vetores de doenças de veiculação hídrica, e no caso de mortalidade de algas, provocando redução acentuada no teor de oxigênio dissolvido, o que pode causar a mortandade total dos peixes (TUNDISI, 1992). A eutrofização pode ser definida como o crescimento excessivo de plantas aquáticas, tanto planctônicas

quanto aderidas, a níveis tais que sejam causadores de interferências com os usos desejáveis do corpo d'água (ROCHA et al., 2009).



Córrego Foges



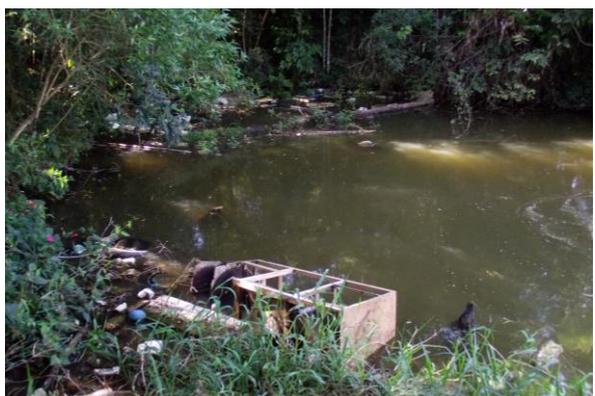
Córrego Aguassai



Córrego Pununduva



Afluente do córrego dos Grilos



Ribeirão dos Pereiras



Afluente do ribeirão Vargem Grande

Figura 04. Lançamento de esgoto in natura nos corpos hídricos que compõem a bacia hidrográfica do rio Sorocamirim. Fonte: Acervo pessoal

O aporte constante de resíduos concentrados em locais limitados leva frequentemente a um crescimento acelerado de macrófitas aquáticas (LEITE, 2001), esse fenômeno foi observado próximo da confluência do córrego Foges com o ribeirão Vargem Grande (Figura 05). Com a construção da estação de tratamento de esgoto no distrito de Caucaia do Alto, o município de Cotia estará se adequando a Lei 11.445/2007 e, conseqüentemente haverá a diminuição da carga orgânica lançada na bacia rio Sorocamirim, ocasionando a melhoria na qualidade da água deste manancial, devido a diminuição dos teores de nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito e fósforo e o aumento do nível de oxigênio dissolvido, parâmetros estes relacionados ao despejo de esgoto doméstico sem tratamento.



Figura 05. Presença de macrófitas no córrego Foges. Fonte: Acervo pessoal

METODOLOGIA

A metodologia empregada na elaboração deste projeto foi baseada nas normas da ABNT NBR 12209/2011 - Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários, NBR 9648/1986 - Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário e nas Normas Técnica Sabesp NTS 230/2009 - Projeto de lagoas de estabilização e seu tratamento complementar para o esgoto sanitário e NTS 062/2002 - Estudo de concepção de sistema de esgoto sanitário. De acordo com o Plano Municipal de Saneamento de Cotia, a população estimada para o ano de 2038 em Caucaia do Alto é de 43.090 habitantes, dados do volume de água micromedido nos setores de abastecimento que integram a região entre os anos 2007 a 2017 foram fornecidos pela Sabesp (Figura 6). Com os dados fornecidos, foi possível realizar a projeção do consumo de água até fim do plano (Figura 7). Para a determinação do volume de esgoto gerado no ano de 2038 foi aplicado o coeficiente de retorno em 0,8 sobre o volume de água micromedido (Figura 8).

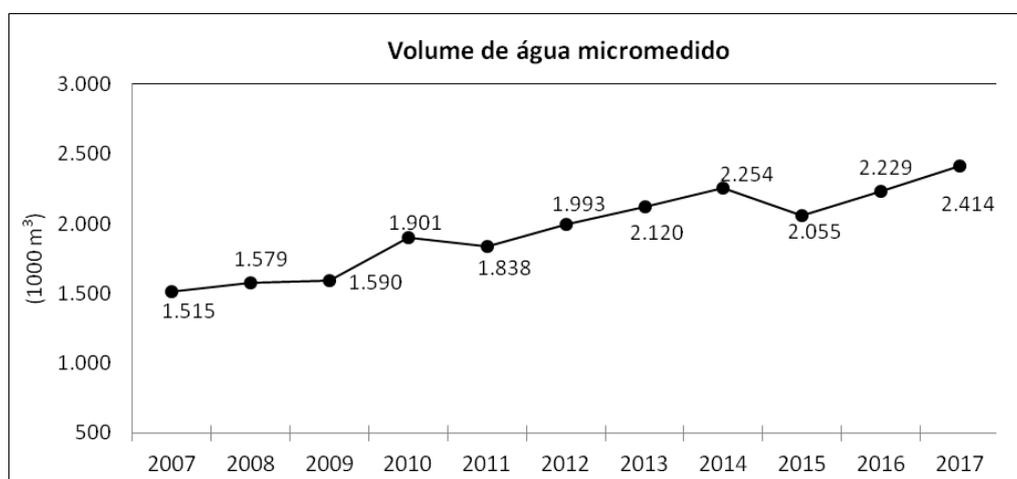


Figura 06. Volume de água micromedida em Caucaia do Alto entre 2007 a 2017.

Os dados climáticos (Figura 9) mais completos e próximos a Caucaia do Alto são os da Estação Meteorológica do Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas (CIIAGRO) no município de Ibiúna (CIIAGRO, 2018). As cargas de DBO e DQO, teor de sólidos em suspensão, nitrogênio Kjeldahl e fósforo total foram admitidas de acordo com a NBR-9648, pois não foi possível realizar este levantamento em campo. A tabela 02 apresenta os parâmetros de projeto, de acordo com as projeções realizadas. A carga per capita representa a contribuição de cada indivíduo por unidade de tempo, a unidade de DBO mais usada é a de g/hab. x dia⁻¹; a carga afluente de uma estação de tratamento de esgotos corresponde a quantidade de poluente, em massa, por

unidade de tempo, podendo ser estimada pela relação entre a população atendida e a carga per capta (VON SPERLING, 2017).

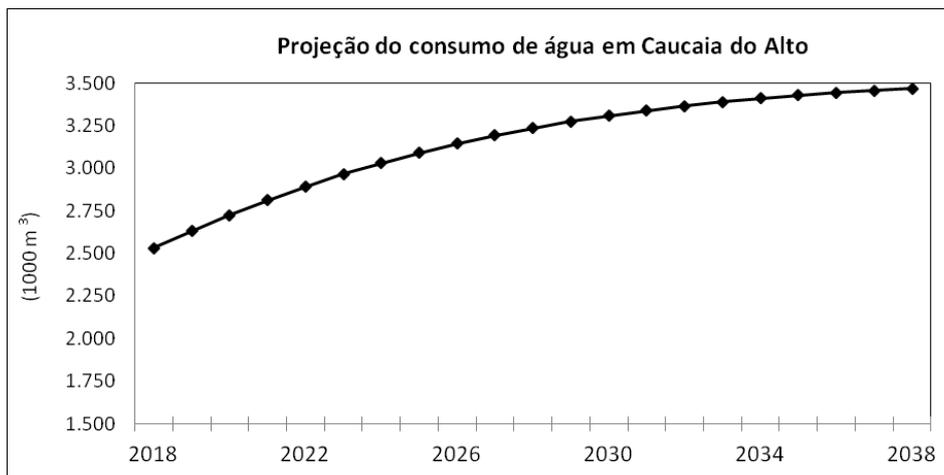


Figura 7. Projeção do volume de água consumida em Caucaia do Alto até 2038.

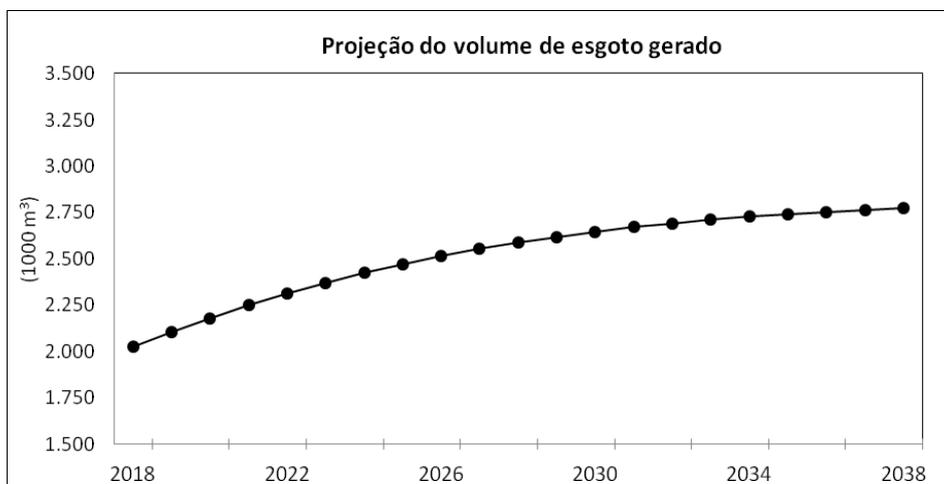


Figura 8. Projeção do volume de esgoto produzido em Caucaia do Alto até 2038.

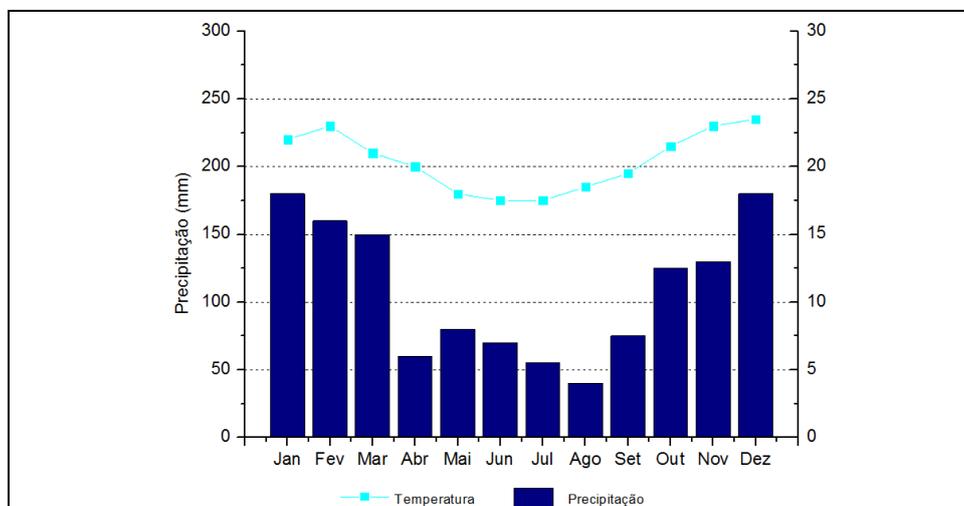


Figura 9. Precipitação média e temperatura média mensal para a região. Fonte: CIAGRO, 2017

Para o projeto de uma ETE, o ideal é a análise *in situ* da DBO das águas residuárias que serão tratadas, porém para análises preliminares são adotados valores pré-determinados de DBO per capta, usualmente utiliza-se como referência o valor de 54 g/hab. x dia⁻¹ (AFINI Jr, 1989).

Tabela 02 - Parâmetros carga e vazão de projeto

Dados de projeto	
População estimada ao final do plano	43.090 hab
Consumo de água	3.468.943 m ³
Volume de esgoto gerado ao final do plano	2326,9 m ³
Temperatura média no mês de julho	18°C
Taxa de infiltração linear adotada	0,1 L/s.km
Carga de DBO per capta admitida	54 gDBO/hab.d
Carga de DQO per capta admitida	105 g DQO/hab.d
Teor de sólidos em suspensão admitido	58 g SS/hab.d
Teor de nitrogênio kjeldahl admitido	10 g N/hab.d
Teor de fósforo total admitido	1,3 g P/hab.d
Carga afluyente de DBO	4754,1 KgDBO/d
Coefficiente de retorno	0,8
Vazão máxima de esgoto (Q _{max})	180,1 L/s
Vazão média de esgoto (Q _{med})	88,0 L/s
Vazão mínima de esgoto (Q _{min})	44,0 L/s

O sistema desarenador deverá possuir eficiência mínima de pelo menos 95% na retenção de partículas com diâmetro igual ou superior a 0,2 mm, e como a vazão máxima de projeto é superior a 100 L/s o sistema deverá ser mecanizado. Deverá ser previsto também duas unidades de remoção de areia instaladas, sendo uma delas reserva. A tabela 03 apresenta os parâmetros de projeto para o tratamento preliminar.

Tabela 03. Parâmetros projeto do sistema de remoção de sólidos grosseiros e da areia.

Gradeamento grosseiro	
Espessura das barras	10,00 mm
Espaçamento entre as barras	60,00 mm
Velocidade de passagem	0,900 m/s
Eficiência da grade	85,71 %
Área útil	0,2001 m ²
Área de seção do canal	0,2327 m ²
Largura do canal da grade	0,7506 m
Perda de carga	0,015 m
Perda de carga com 50% de obstrução	0,074 m
Gradeamento fino	
Espessura das barras	8,00 mm
Espaçamento entre as barras	15,00 mm
Eficiência da grade	65,00 %
Área de seção do canal	0,3068 m ²
Largura do canal da grade	0,9898 m
Perda de carga	0,014 m
Perda de carga com 50% de obstrução	0,0690 m
Desarenador	
Velocidade	0,3 m/s
Área de seção transversal	0,6 m
Largura	1,23 m
Comprimento	11,23 m
Taxa de aplicação resultante	1128 m ³ /m ² .d

Os principais parâmetros de projeto para as lagoas facultativas são a taxa de aplicação superficial, a profundidade, o tempo de detenção e a geometria da lagoa. Em uma lagoa de estabilização facultativa o critério de taxa de aplicação superficial (L_s), também denominado carga orgânica por unidade de área, é o principal item de projeto e baseia-se na necessidade de ter uma área de exposição solar para que seja realizada

a fotossíntese na lagoa. O objetivo principal da fotossíntese é garantir o crescimento e manutenção das algas para que haja a produção de oxigênio suficiente para suprir a demanda de oxigênio (VON SPERLING, 2017b). A taxa de aplicação superficial está relacionada com a área requerida para a lagoa de estabilização, este parâmetro é importante, pois contribui para a eficácia do sistema, se o sistema operar com baixa L_s e baixo tempo de detenção hidráulica, a lagoa ficará excessivamente carregada, facilitando o crescimento bacteriano e requerendo um consumo de oxigênio, que as vezes não poderá ser suprido pelas algas ou pela ação dos ventos, levando a lagoa a uma condição de anaerobiose (SILVA FILHO, 2007). A taxa a ser adotada sofre variações de acordo com a temperatura local, latitude, exposição solar, altitude e outras características regionais (OLIVEIRA; VON SPERLING, 2005). Locais com clima e insolação extremamente favoráveis permitem a adoção de taxas bem elevadas, superiores a 300 kg/DBO₅/ha.d⁻¹, o que implica em menores áreas superficiais, em contrapartida, locais de clima temperado requerem taxas de aplicação inferiores a 100 kg/DBO₅/ha.d⁻¹. Existem diversas equações disponíveis na literatura correlacionando a temperatura com a taxa de aplicação superficial (VON SPERLING, 2017b). A fórmula mais empregada para o este cálculo utiliza a temperatura média do ar no mês mais frio como margem de segurança (MARA, 1997). A Tabela 4 relaciona as características climáticas com a taxa de aplicação superficial (VON SPERLING, 2017b).

Tabela 4. Relação temperatura x taxa de aplicação superficial

Características do inverno	Taxa de aplicação superficial
Região com Inverno quente e elevada insolação	$L_s = 240 - 350 \text{ kg /DBO}_5/\text{ha. d}^{-1}$
Região com inverno e insolação moderados	$L_s = 120 - 240 \text{ kg /DBO}_5/\text{ha. d}^{-1}$
Região com inverno frio e baixa insolação	$L_s = 100 - 180 \text{ kg /DBO}_5/\text{ha. d}^{-1}$

Fonte: VON SPERLING, 2017b.

A taxa de aplicação volumétrica é o principal parâmetro de projeto das lagoas anaeróbias e, está diretamente relacionada à temperatura da região. A relação entre as taxas de aplicação volumétricas e a temperatura da Tabela 5 fornece as informações admissíveis, sendo que a favor da segurança de projeto podem ser adotadas taxas menores e as Figuras 10 e 11 apresentam a relação entre taxa de aplicação volumétrica e a temperatura média da região e a eficiência de remoção de DBO em função da temperatura (VON SPRELING, 2007b).

Tabela 5. Taxas de aplicação volumétrica admissíveis para projeto de lagoas anaeróbias em função da temperatura

Temperatura média do ar no mês mais frio (°C)	Aplicação volumétrica admissível (KgDBO/m ³ .d)
10 - 20	0,02T - 0,10
20 - 25	0,01T + 0,10
> 25	0,35

Fonte: VON SPRELING, 2007b (adaptado).

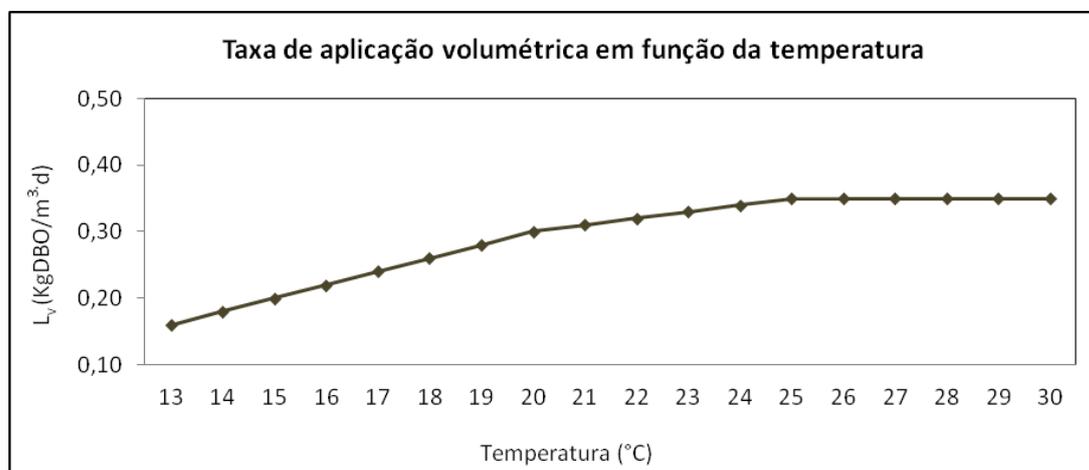


Figura 10. Relação entre taxa de aplicação volumétrica admissível em lagoas anaeróbias. Fonte: VON SPRELING, 2007b (adaptado).

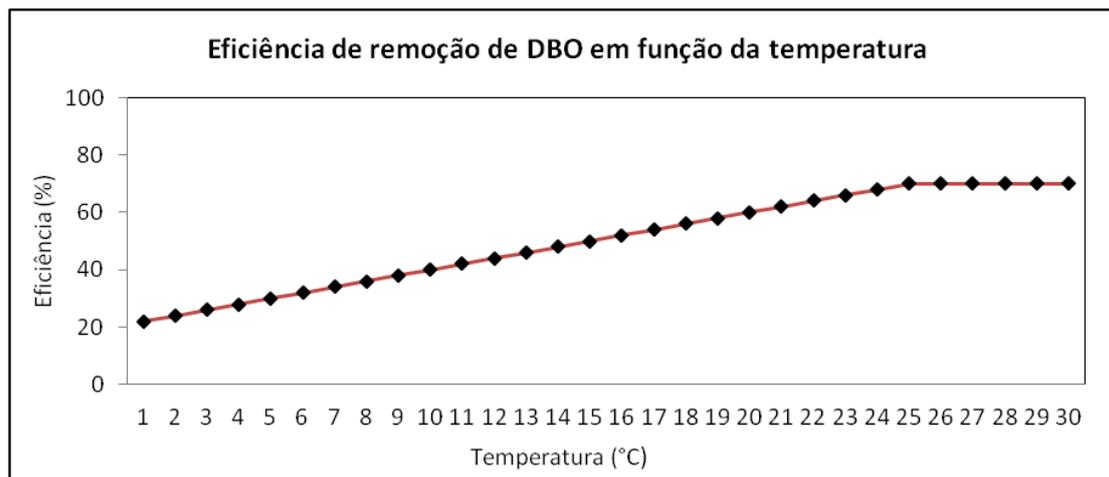


Figura 11. Eficiência de remoção da DBO em função da temperatura da região. Fonte: VON SPRELING, 2007b (adaptado).

Tabela 06. Parâmetros de projeto das lagoas de estabilização.

Lagoa anaeróbia	
Taxa de aplicação volumétrica	0,25 kg/DBO/ m ³ d
Volume	19.016 m ³
Eficiência de remoção de DBO	56%
Área	3803,20 m ²
Profundidade	5,00 m
Largura da lagoa	36,00 m
Comprimento	53,00 m
Tempo de detenção	5 dias
DBO do efluente	154 mg/L
Lagoa facultativa	
Carga afluenta da lagoa facultativa	2088,1 kgDBO/dia
Área requerida pela lagoa facultativa	96.440 m ²
Tempo de detenção	43 dias
Profundidade	1,3 m
Largura de cada lagoa	98 m
Comprimento	246,00 m
Coefficiente de decaimento bacteriano	0,39
Número de dispersão	0,49
Concentração efluente de coliformes após o tratamento	3,13 x 10 ⁴ CF/100 mL
Eficiência de remoção de coliformes	99,94 %
Lagoa de maturação	
Volume da lagoa de maturação	93.341 m ³
Área superficial	77.785 m ²
Comprimento da lagoa	279 m
Largura da lagoa	70 m
Profundidade	1,0m
Tempo de detenção	10 dias
Quantidade de chicanas	3
Eficiência de remoção da lagoa de maturação	99,83%
Eficiência global do sistema	99,9993%

Os parâmetros de projeto para as lagoas de estabilização são apresentados na tabela 06, o arranjo das lagoas foi determinado de modo que ocupasse a menor área possível, sendo escolhida a configuração com duas lagoas anaeróbias seguida de quatro lagoas facultativas e três lagoas de maturação (Figura 12).

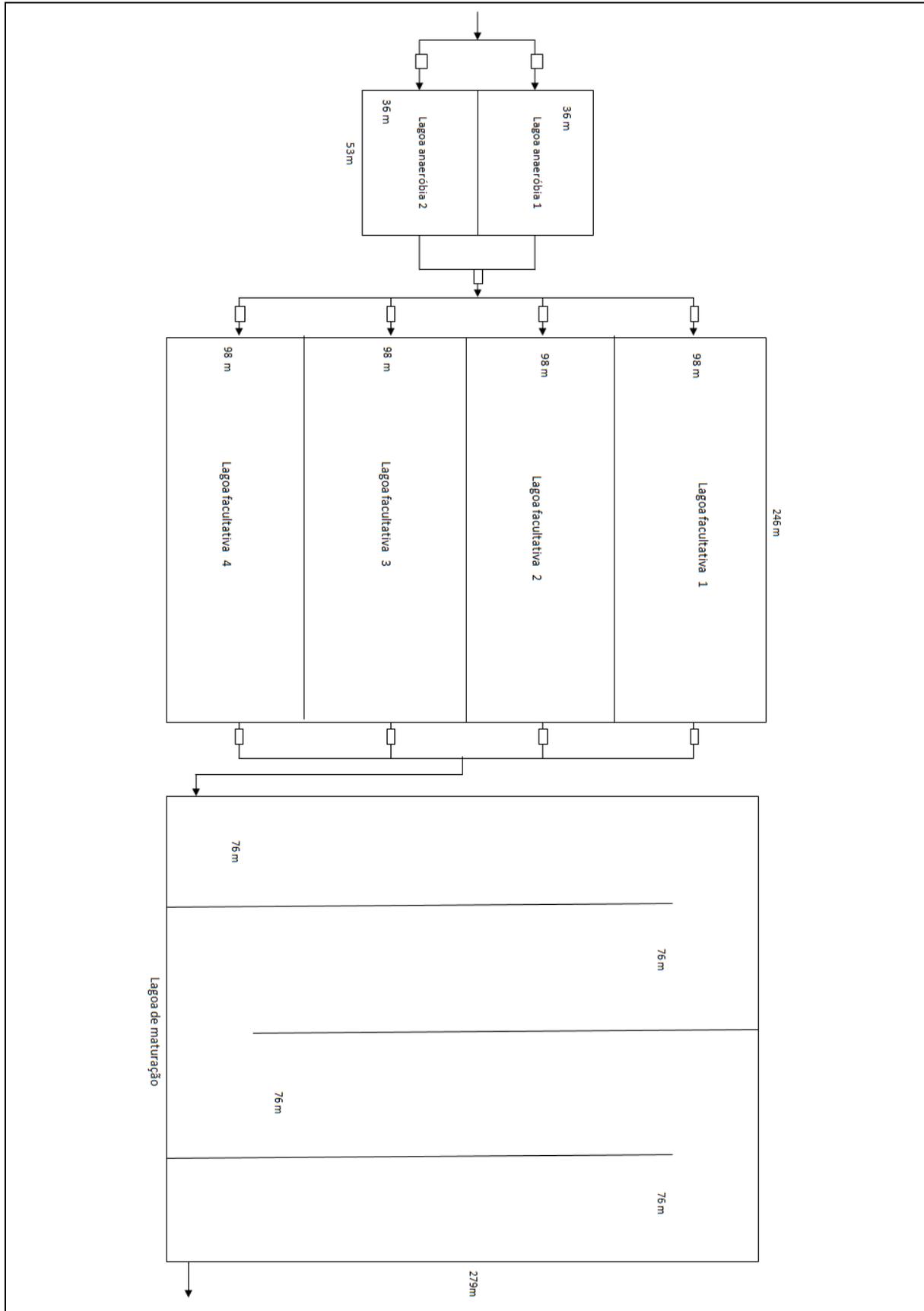


Figura 12. Croqui com as dimensões e de arranjo do sistema lagoas.

RESULTADOS

Neste projeto, para a escolha do sistema de tratamento, foi avaliada a quantidade de efluente gerada e sugerido, com base em literatura, um sistema de tratamento para a remoção da carga orgânica e de agentes patogênicos, com baixo custo de implantação e de operação simplificada, por isso, o sistema de tratamento composto por lagoas anaeróbias, facultativas e de maturação foi a opção que melhor se enquadra aos objetivos propostos. Os cálculos para o dimensionamento da estação de tratamento foram baseados em informações e critérios adotados pela literatura especializada no setor de tratamento de águas residuárias.

A implantação de uma estação de tratamento de esgoto pelo sistema de lagoas de estabilização é o mais simples se comparado aos demais sistemas de tratamento, porém ele necessita de uma área mais extensa. A eficiência operacional do projeto na remoção de DBO foi superior aos sistemas de lodo ativado convencional e reator UASB (Figura 13), porém a desvantagem deste sistema é a extensa área necessária para a sua implantação, mesmo priorizando um layout que ocupasse a menor área possível.

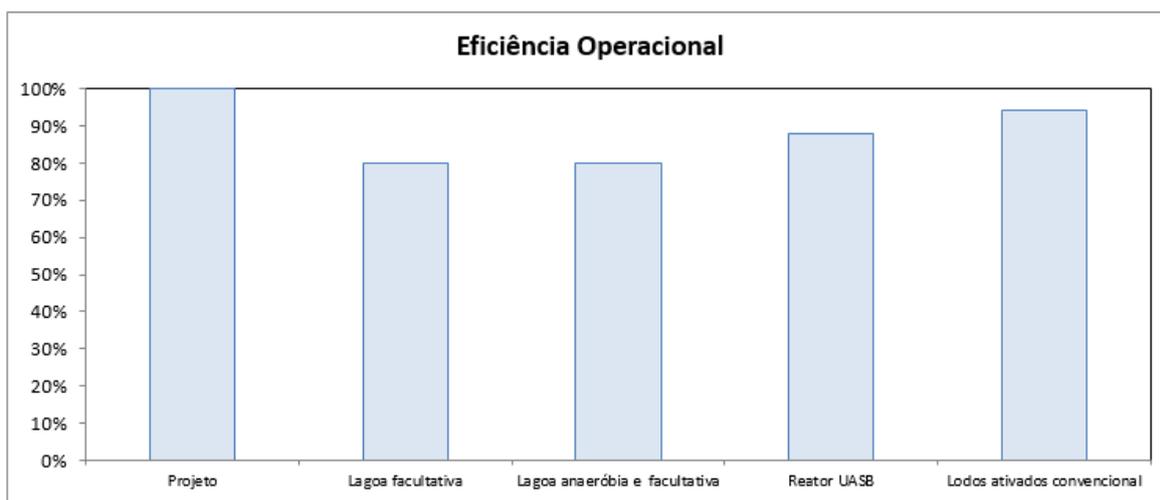


Figura 13- Comparação entre a eficiência de remoção de DBO do projeto com os principais sistemas de tratamento de esgoto, de acordo com Von Sperling (2017).

Para o cálculo do custo estimado de implantação do projeto, foram utilizados os valores propostos por Reami e Coraucci Filho (2015), utilizando como base de cálculo a capacidade de vazão média em m³/d, sendo orçado em R\$ 3.651.552,86, custo inferior aos demais sistemas de tratamento (Figura 14).

Utilizando o volume de água micromedido para o ano de 2016 fornecido pelo SNIS e simulando tratamento de todo o volume de esgoto gerado em Caucaia do Alto pela nova estação de tratamento, o índice IN-46, que compara o volume de esgoto tratado com o volume de água consumida passaria de 15 para 38% (Figura 15).

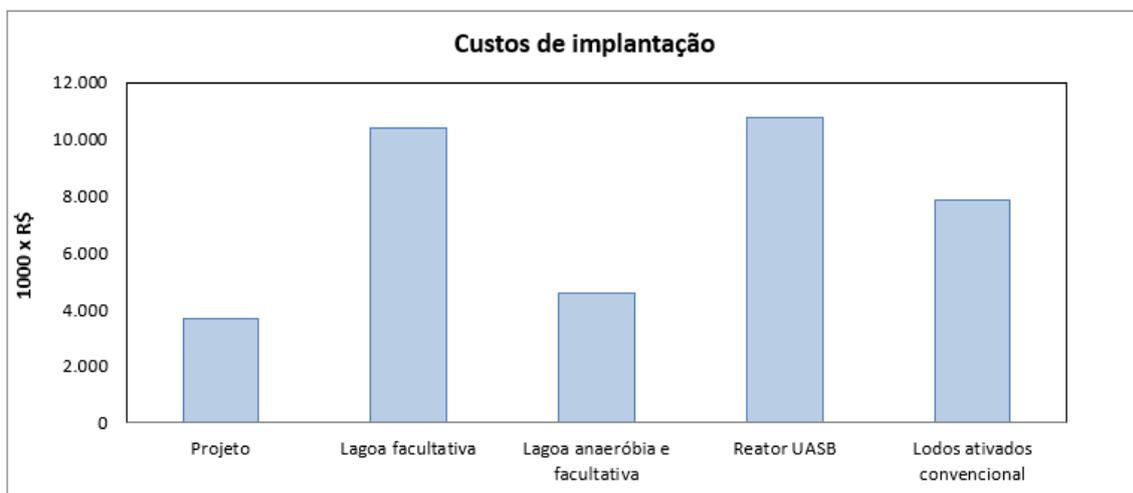


Figura 14. Comparação da estimativa de custo de implantação de diferentes sistemas de tratamento de esgoto com o projeto.

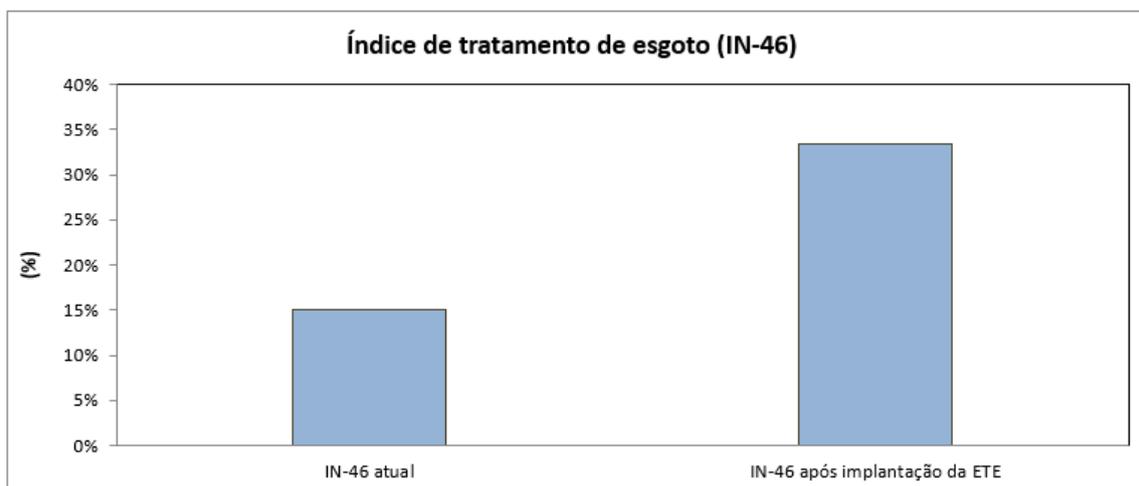


Figura 15. Comparação o índice IN-46 atual e a simulação do índice com a implantação da estação de tratamento de esgoto em Caucaia do Alto.

CONCLUSÃO

Neste projeto, para a escolha do sistema de tratamento, foi avaliada a quantidade de efluente gerada pela população e sugerido, com base em literatura, um sistema de tratamento para a remoção da carga orgânica e de agentes patogênicos, visando o menor custo de implantação e com a operação simplificada; por isso, o sistema de tratamento composto por lagoas anaeróbias, facultativas e de maturação foi a opção que melhor se enquadra aos objetivos propostos. Estudos adicionais são necessários, como a necessidade da licença de operação junto a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) e da outorga para o lançamento de efluentes junto ao Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE), bem como do sistema de redes coletoras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AFINI Jr., B. *DBO per capita*. Revista DAE, São Paulo, v. 49, n. 156, p. 176-178, jul/set. 1989.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 9648: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário*. Rio de Janeiro, 1986. 05 p.
3. _____. *NBR 12209: Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários*. Rio de Janeiro, 2011. 59 p.
4. BRASIL. *Lei nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007*. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.
5. CARVALHO, W; ARAÚJO, E. M.; MARCON, R. O. *Melhoria nos índices de esgotamento sanitário com a construção de uma estação de tratamento de esgoto no distrito de Caucaia do Alto no município de Cotia (SP)*. In: SILVA, L.; ALENCAR NETO, M. F.; ELOI, W. M. (orgs). *Sistema de tratamento de esgoto. Projetos de Intervenção vol. 9*. Triunfal Gráfica e Editora, Assis, 2019, 247 p.
6. Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas (CIIAGRO). *Monitoramento climático*. Disponível em: <http://www.ciiagro.sp.gov.br/>. Acesso em 10/12/2018.
7. CONCEIÇÃO, F. T.; SARDINHA, D. S.; GODOY, L. H.; FERNANDES, A. M.; PEDRAZZI, F. J. M. *Influência sazonal no transporte específico de metais totais e dissolvidos nas águas fluviais da Bacia do Alto Sorocaba (SP)*. *Geochimica Brasiliensis*, v. 29, n. 1, p. 23-34, 2015.

8. COSTA, S. S.; HELLER, L.; BRANDÃO, C. C. S.; COLOSIMO, E. A. *Indicadores epidemiológicos aplicáveis a estudos sobre a associação entre saneamento e saúde de base municipal*. *Revista Engenharia Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 10, n. 02, abr/jun, p. 118-127, 2005.
9. COSTA, B. S. *Universalização do saneamento básico: utopia ou realidade*. Tese - Doutorado em Engenharia Ambiental. Florianópolis, 2010. Universidade Federal de Santa Catarina, 2010.
10. COSTA, C. C.; GUILHOTO, J. J. M. *Saneamento rural no Brasil: impacto da fossa séptica biodigestora*. *Engenharia Sanitária Ambiental*, Rio de Janeiro, ed. Especial, p. 51-60, 2014.
11. COTIA. Prefeitura Municipal de Cotia. *Lei Complementar nº 117, de 12 de maio de 2010*. Institui o Plano municipal de saneamento e dá providências correlatas.
12. _____. Prefeitura Municipal de Cotia - *História de Cotia*. Disponível em <<http://novo.cotia.sp.gov.br/historia/>>. Acesso em 12/03/2018.
13. DANTAS, F.A; LEONETI, A. B.; OLIVEIRA, S. V. B.; OLIVEIRA, M. M. B. *Uma análise da situação do saneamento no Brasil*. *FACEF Pesquisa: Desenvolvimento e Gestão*, v.15, n.03, p.272-284, set/dez 2012.
14. GARCIA, J. A qualidade da água, o processo de autodepuração e proposição de cenários para gerenciamento sustentável do Rio Sorocamirim (SP). São Carlos, 2013. Dissertação-Mestrado em Hidráulica e Saneamento- Universidade de São Paulo, 2013.
15. GONÇALVES, R. F. (Coord.) *PROSSAB - Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. Gerenciamento de lodo de lagoas de estabilização não mecanizadas*. Departamento de Hidráulica e Saneamento, Universidade Federal do Espírito Santo, 79 p., 1999.
16. GOUVEIA, N. *Saúde e meio ambiente nas cidades: Desafios da saúde ambiental*. *Saúde e Sociedade*. v. 08, n. 01, 1999.
17. HELLER, L. *Basic Sanitation in Brazil: Lessons from the Past, Opportunities from the Present, Challenges for the Future*. *Journal of Comparative Social Welfare (Special Issue) - Comparative Experiences in the Provision of Water and Sanitation Services: Challenges and Opportunities for Achieving Universal Acces*. v. 23, n. 2, p. 141-153, out. 2007.
18. KAWAI, H.; YANO, T.; ROCHA, M. J. M.; LIMAS, A.; SCHENEIDERMAN, B. *Estabelecimentos de critérios para dimensionamento de lagoa de estabilização*. *Revista DAE*, São Paulo, edição 127, p. 37-45, 2008.
19. LEVENHAGEN, B. S. *Turismo e projetos sustentáveis: uma alternativa para o desenvolvimento da região de Caucaia do Alto, município de Cotia-SP*. Curitiba, 2012. Trabalho de Conclusão de Curso-Especialista em Projetos Sustentáveis e Mercado de Carbono- Universidade Federal do Paraná, 2012.
20. LEITE, R. L. *Influência de macrófitas aquáticas sobre a qualidade da água de açudes do semi-árido da Paraíba*. João Pessoa, 2001. Dissertação de Mestrado- Universidade Federal da Paraíba, 2001.
21. LISBOA, S. S.; HELLER, L.; SILVEIRA, R. B. *Desafios do planejamento municipal de saneamento básico em municípios de pequeno porte: a percepção dos gestores*. *Revista Engenharia Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 18, n. 04, p. 341-348, out/dez. 2013.
22. MARA, D. *Design manual for waste stabilization ponds in India*. Lagoon Technology International Ltda. Leeds, 1997.
23. METZGER, J. P.; ALVES, F.; GOULART, W.; TEIXEIRA, A. M. G.; SIMÕES, S. J.; CATHARINO, E. L. M. *Uma área de relevante interesse biológico, porém pouco conhecida: a Reserva Florestal do Morro Grande*. *Biota Neotropica*, v. 06, n.02, Campinas, 2006.

24. MENDONÇA, S.R.; MENDONÇA, L.C. *Projetos sustentáveis de esgoto*. 1º ed. São Paulo, 2016.
25. MHURTA, N. A.; CASTRO, J. E. C.; HELLER, L. *Uma perspectiva histórica das primeiras políticas públicas de saneamento e de recursos hídricos no Brasil*. *Ambiente & Sociedade*, v. 18, n.03, p.193-210, jul/set. 2015.
26. MOISÉS, M.; KLIGERMAN, D. C.; COHEN, S. C.; MONTEIRO, S. C. F. *A política federal de saneamento básico e as iniciativas de participação, mobilização, controle social, educação em saúde e ambiental nos programas governamentais de saneamento*. *Ciênc. Saúde Coletiva*, v. 15, n. 05, p. 2581-2591, ago. 2010.
27. NEDER, K. D.; QUEIROZ, T. R.; SOUZA, M. A. A. *Remoção de sólidos suspensos de efluentes de lagoas de estabilização por meio de processos naturais*. *Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental*, Porto Alegre, 2000.
28. OLIVEIRA, S. M. A. C.; VON SPERLING, M. *Avaliação de 166 ETES em operação no país, compreendendo diversas tecnologias. Parte 2: influência de fatores de projeto e operação*. *Eng. Sanit. Ambient.*, Rio de Janeiro, v. 10, n. 4, p. 358-368, 2005.
29. PEDRAZZI, F. J. M. *Avaliação da qualidade da água do reservatório de Itupararanga, bacia do Alto Sorocaba (SP)*. Rio Claro, 2009. Dissertação de Mestrado- Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2009.
30. PESSÔA, C. A.; JORDÃO, E.P. *Tratamento de esgotos domésticos: concepções clássicas de tratamento de esgoto*. 3 ed. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 720 p, 1995.
31. PRADO, T.; MIAGOSTOVICH, M. P. *Virologia ambiental e saneamento no Brasil: uma revisão narrativa*. *Cad. Saúde Pública*, v. 03, n. 07, p. 1367-1378. jul. 2014.
32. REAMI, L.; CORAUCCI FILHO, B. *Estimativas de custos unitários de implantação de estações de tratamento de esgoto*. In: *26º ENCONTRO TÉCNICO AESABESP, Anais...* São Paulo, 2015.
33. ROCHA, S. A.; LOUGON, M. S.; GARCIA, G. O. *Influência de diferentes fontes de poluição no processo de eutrofização*. *Revista Verde*, Mossoró, v. 04, n.04, p. 01-06, out/dez. 2009.
34. RUBINGER, S. D. *Desvendando o conceito de saneamento no Brasil: uma análise da percepção da população e do discurso técnico contemporâneo*. Belo Horizonte. Dissertação de Mestrado- Faculdade de Engenharia- Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.
35. SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. *Convênio SSE nº 190/2010 entre o estado de São Paulo e o município de Cotia, com a interveniência e anuência da SABESP e da ARSESP, com a finalidade de compartilhar a responsabilidade pelo oferecimento do serviço de abastecimento de água e esgotamento sanitário*. 2010.
36. _____. *NTS 062: Estudo de concepção de sistema de esgoto sanitário*. São Paulo. 2002, 16 p.
37. _____. *NTS 230: Projetos de lagoas de estabilização e seu tratamento complementar para esgoto sanitário*. São Paulo. 2009, 35 p.
38. SAIANI, C. C. S.; TOLEDO JÚNIOR, R. *Evolução do acesso a serviços de saneamento básico no Brasil (1970 a 2004)*. *Economia e Sociedade*, v. 19, n. 01, p. 79-106, abr. 2010.
39. SAKER, J. P. P. *Saneamento e desenvolvimento*. São Paulo, 2007. Dissertação de Mestrado. Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2007.
40. SÃO PAULO, ASSEMBLÉIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Decreto-Lei 14.334, de 30 novembro de 1944*. Divisão administrativa e judiciária do Estado.

41. SILVA FILHO, P. A. Diagnostico operacional de lagoas de estabilização. João Pessoa, 2007. Dissertação de Mestrado- Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2007.
42. TEIXEIRA, J. C.; OLIVEIRA, G. S; VIALI, A. M.; MUNIZ, S. S. *Estudo do impacto das deficiências de saneamento básico sobre a saúde pública no Brasil no período de 2001 a 2009. Revista Engenharia Ambiental*, Rio de Janeiro, v.19, n.01, p. 87-96, jan/mar, 2014.
43. TUNDISI, J. G. *Ambiente, represas e barragens. Ciência Hoje*. Volume especial Eco-Brasil, p 40-46, 1992.
44. VON SPERLING, M. *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Volume 1 - Introdução à qualidade de águas e ao tratamento de esgotos*. 4º Ed. Belo Horizonte, 2017.
45. VON SPERLING, M. *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Volume 3 - Lagoas de estabilização*. 3º Ed. Belo Horizonte, 2017b.