

TAMIRIS CRISTINA OLIVEIRA DE ANDRADE

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO USO DE ÁGUA RESIDUÁRIA
APLICADA EM CULTURAS AGRÍCOLAS**

Botucatu

2019

TAMIRIS CRISTINA OLIVEIRA DE ANDRADE

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO USO DE ÁGUA RESIDUÁRIA
APLICADA EM CULTURAS AGRÍCOLAS**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Energia na Agricultura).

Orientador: Prof. Dr. Fernando Broetto

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Maura Seiko
Tsutsui Esperancini

Botucatu

2019

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO USO DE ÁGUA RESIDUÁRIA
APLICADA EM CULTURAS AGRÍCOLAS

AUTORA: TAMIRIS CRISTINA OLIVEIRA DE ANDRADE

ORIENTADOR: FERNANDO BROETTO

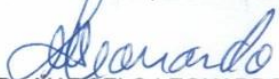
COORDINADORA: MAURA SEIKO TSUTSUI ESPERANCINI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA (ENERGIA
NA AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:



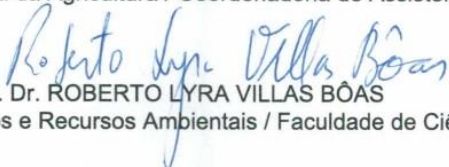
Prof. Dr. FERNANDO BROETTO

Química e Bioquímica / Instituto de Biociências de Botucatu - UNESP



Dr. MARCELO LEONARDO

Casa da Agricultura / Coordenadoria de Assistência Técnica Integral - CATI



Prof. Dr. ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS

Solos e Recursos Ambientais / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu

Botucatu, 08 de agosto de 2019

Dedico aos meus pais,

Valéria e Carlos,

certa de que amor igual ao deles, jamais terei!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, meu fiel mentor, autor do meu caminho e socorro presente na hora da angústia.

Ao Marcelo Leonardo, por ter sido o primeiro a me encorajar e incentivar a ingressar no mestrado.

Aos meus pais, Valéria Oliveira de Andrade e Carlos Roberto Correa de Andrade, por serem luz na minha vida, minha vontade de vencer e meu maior exemplo.

Ao meu amado Cristian de Oliveira, por persistir em dizer que sempre sou capaz, por me amar nos momentos mais difíceis e por me apoiar em qualquer decisão.

Às minhas irmãs, Isabela Andrade e Beatriz Andrade e meus cunhados, William Moreira e Júnior Nunes, pelo bem emocional que me fazem todos os dias, pelos risos e pelos bons momentos juntos.

Ao meu afilhado Arthur Gael, por demonstrar todos os dias e principalmente nesse período da pesquisa, o verdadeiro sentido da vida e das vitórias.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Fernando Broetto, pela grande oportunidade de conhecer o mundo da pós-graduação, pelas orientações, ensinamentos e pela confiança depositada em mim.

À Prof.^a Dr.^a Maura S. T. Esperancini, pelo apoio no desenvolvimento de toda pesquisa, pela prestatividade, paciência, ensinamentos, conselhos, críticas e por acreditar em mim e neste trabalho.

Aos colegas e amigos que ganhei nessa caminhada, em especial Ana Larissa Hansted e Domingos Fernando, por terem me dado o privilégio de conhecê-los.

Aos meus amigos de departamento, Dariane Franco, Mara Souza, Osvaldir Feliciano, Enrique Zuñiga, Luz Maria Gonzales e Ícaro Monteiro, pela ajuda, consolo, apoio e risadas. Jamais esquecerei quem são e os momentos bons vividos.

Ao Edilson Gomes, William Bailo e Jonathan Piazzentin, pela contribuição no desenvolvimento dessa pesquisa, pela atenção e pela disponibilidade de tempo doada.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código do financiamento 001.

RESUMO

O uso de água residuária tratada no exercício da agricultura pode favorecer o desenvolvimento das culturas por meio da disponibilidade de nutrientes essenciais como: nitrogênio, fósforo e potássio. Os benefícios econômicos do reuso desses efluentes, podem estar diretamente relacionados ao aumento da produtividade e à economia com a adubação inorgânica. O objetivo desta pesquisa foi avaliar a viabilidade econômica do aproveitamento de nutrientes presentes na água residuária urbana, da cidade de Botucatu – SP. Foram estudados seis cenários com três preços distintos para água residuária, como recurso hídrico alternativo para duas culturas de interesse agrônômico, a soja e o feijoeiro. Aplicou-se horizonte de planejamento de 10 anos e foram utilizados como critérios de análise econômica os seguintes indicadores: Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), Relação Benefício/Custo (RBC) e *Payback* descontado (PBD). A taxa de desconto utilizada como Taxa Mínima de Atratividade (TMA) foi de 6,5% a.a. Os cenários A1 e A2 (irrigação da soja e feijoeiro, respectivamente) tiveram definição do custo da água residuária a partir do preço estipulado pela SABESP e apresentaram resultados de inviabilidade econômica. Os principais fatores que tornaram estes cenários inviáveis estão relacionados ao alto custo do principal insumo, a água residuária. Já os cenários B1 e B2, com definição do custo da água residuária sendo baseado no valor da outorga de direitos do uso de recursos hídricos, demonstram ser viáveis economicamente, sendo B2 o cenário de maior destaque. Para os cenários C1 e C2 também houve viabilidade econômica, considerando-se o custo zero da água residuária. O cenário C2 obteve melhor desempenho econômico comparativamente a todos os cenários projetados neste trabalho de acordo com os indicadores calculados. Como parte dos resultados e aplicações, foi desenvolvido um sistema computacional em ambiente de programação *Delphi*, denominado ECOADUBO, que possibilita ao produtor, pesquisador ou Agência de Saneamento ter rápido e fácil acesso aos resultados de possíveis simulações sobre economia com adubação inorgânica. O sistema trabalha a partir de variáveis como diferentes propriedades físico-químicas da água residuária (local ou remoto), lâmina de irrigação de culturas, área de plantio e preço pago pelo adubo inorgânico. Assim, após a inserção dos dados, é possível estimar monetariamente o quanto se pode economizar a partir da substituição dos fertilizantes inorgânicos pelos nutrientes presentes na água residuária. Como conclusão geral, foi possível estabelecer diferentes cenários, os quais podem

demonstrar a viabilidade econômica da aplicação de água de residuária como recurso hídrico e como substituição parcial da nutrição vegetal em duas culturas de interesse agrônomo. Conclui-se ainda, que a viabilidade desses cenários é fortemente dependente de variáveis imponderáveis de custos.

Palavras-chave: Irrigação com águas residuárias; retorno sobre o investimento; água de reuso.

ABSTRACT

The use of wastewater without the exercise of agriculture can favor the growth of crops through the availability of nutrients such as nitrogen, phosphorus and potassium. The benefits of reuse can be directly related to increased productivity and to the economy on inorganic fertilization. The aim of this research was to evaluate the economic viability of water use in urban wastewater, in the city of Botucatu - SP. The three temperature levels for the wastewater were studied as a water alternative for two crops of agronomic interest, a soybean and a common bean. A 10-year horizon was used and the following indicators: Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), Benefit-Cost Ratio (RBC) and Discounted Payback. Discount rate used by the Minimum Attractiveness Rate (TMA) of 6.5% per year. Scenarios A1 and A2 (soybean and common bean watering, respectively) have the same rate of residential residue and price stipulated by SABESP and the results of economic unfeasibility. The main factors that made these scenarios impracticable are related to the high cost of the main input, the wastewater. The scenarios B1 and B2, with the definition of the use of wastewater, are based on the granting of rights to use water resources, proving to be economically viable, with B2 being the most prominent scenario. For scenarios C1 and C2 there was also an economic feasibility, considering the zero cost of wastewater. Scenario C2 presented the best economic performance compared to each of the groups evaluated in this study according to the calculated indicators. As part of the results and applications, a computer system was developed in a Delphi programming environment, called ECOADUBO, which enabled the producer, researcher and Sanitation Agency to quickly and easily access the results of symmetric applications on economics with inorganic fertilization. The system works via variables such as physical-chemical wastewater, crop irrigation blade, planting area and price paid for inorganic fertilizer. Thus, after insertion of the data, it is possible to estimate financially the amount that can be saved in the substitution of fertilizers by elements present in the wastewater. As a general conclusion, it was possible to establish different scenarios, which can demonstrate the economic viability of the wastewater application as a water resource and as a partial substitut of plant nutrition in two crops of agronomic interest. It is also concluded that the viability of these scenarios is strongly dependent on imponderable variables of costs.

Key words: Wastewater irrigation, return on investment, reuse water.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Croqui do sistema de filtragem e ozonização proposto por Gomes (2016)	39
Figura 2 - Cenários estabelecidos para as análises de investimento.....	44
Figura 3 - Layout da página principal do programa	58
Figura 4 - Programa em funcionamento utilizando as propriedades físico-químicas segundo estudo de Gomes (2016)	59
Figura 5 - Programa em funcionamento utilizando as propriedades físico-químicas segundo Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas da FCA/Unesp	60
Figura 6 - Menu de ajuda e informações sobre os criadores.....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados retirados do estudo de Gomes (2016) e utilizados no desenvolvimento dos cálculos para determinar a produtividade da soja e do feijoeiro	40
Tabela 2 - Quantidades médias de nutrientes por m ³ presente na água residuária de Botucatu	42
Tabela 3 - Percentuais de nutrientes de cada fertilizante inorgânico	42
Tabela 4 - Custos do investimento inicial utilizados em todos os cenários	48
Tabela 5 - Custos operacionais anuais de todos os cenários da soja e do feijoeiro .	48
Tabela 6 – Custo total da água residuária de cada cenário de acordo com as definições (Sabesp, outorga e zero)	49
Tabela 7 - Resultados da produtividade total da soja e do feijoeiro de acordo com a capacidade de filtragem e ozonização do sistema.	50
Tabela 8 - Preços médios dos fertilizantes inorgânicos comercializados na cidade de Botucatu e a estimativa de custo para cada quantidade de nutriente encontrada na água residuária	51
Tabela 9 - Estimativa do fluxo de caixa do cenário A1	52
Tabela 10 - Indicadores de viabilidade econômica do cenário A1.....	52
Tabela 11 - Indicadores de viabilidade econômica do cenário A2.....	53
Tabela 12 - Estimativa do fluxo de caixa do cenário B2	55
Tabela 13 - Indicadores de viabilidade econômica dos cenários B1 e B2.....	55
Tabela 14 - Indicadores de viabilidade econômica dos cenários C1 e C2	56

Sumário

1	INTRODUÇÃO	19
2	REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1	Recursos hídricos	20
2.2	Água na agricultura	20
2.3	Água residuária oriunda de efluente doméstico	22
2.3.1	Experimento a partir do método de desinfestação da água residuária proposto por Gomes (2016)	24
2.3.2	Água residuária ao redor do mundo	27
2.3.3	Legislações relacionadas ao tema no Brasil	27
2.4	Análise de investimento	29
2.5	Orçamento de custos e receitas	29
2.6	Fluxos de caixa	30
2.7	Taxa mínima de atratividade (TMA)	31
2.8	Indicadores	31
2.8.1	Valor presente líquido (VPL)	31
2.8.2	Taxa interna de retorno (TIR).....	32
2.8.3	Relação benefício/custo (RBC)	33
2.8.4	<i>Payback</i> descontado	33
3	MATERIAL E MÉTODOS	35
3.1	Descrição técnica e levantamento de custo do processo de filtração e ozonização da água residuária	35
3.1.1	Origem da água residuária	35
3.1.1.2	Determinação do custo para água residuária.....	35
3.1.2	Filtração	36
3.1.2.1	Custo de filtração	37
3.1.3	Ozonização	37
3.1.3.1	Custo de ozonização	37

3.2	Receitas	39
3.2.1	Produtividade	39
3.2.2	Economia de adubação inorgânica.....	41
3.3	Análise econômica	43
3.4	Sistema computacional EcoAdubo	46
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
4.1	Custos.....	48
4.2	Receitas	49
4.3	Análise econômica dos cenários a partir dos indicadores	51
4.4	Sistema computacional EcoAdubo	58
5	CONCLUSÃO	62
	REFERÊNCIAS	63

1 INTRODUÇÃO

A água é um dos componentes indispensáveis à vida, sendo essencial para o funcionamento do organismo humano, animal e vegetal, para o meio ambiente, geração de energia elétrica, abastecimento doméstico, além de ser insumo básico para processos industriais e agrícolas.

Na agricultura, a água é fundamental para a produção de alimentos, contudo, segundo os dados da Agência Nacional de Águas – ANA (2017), o índice no consumo de água para a irrigação é, em disparado, um dos maiores comparado a todos os setores do Brasil, Rosegrant et al., 2009 afirmam que em função do crescimento populacional e econômico a necessidade pelo uso da água no setor da agricultura continuará aumentando.

De acordo com a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura – FAO (2015), a falta de água atingirá dois terços da população mundial por volta de 2050, por conta da utilização excessiva de recursos hídricos para a produção de alimentos.

A água residuária tem ganhado espaço como um produto benéfico e tem se tornado uma das alternativas em discussão para a solução de problemas ambientais como a escassez de água, podendo contribuir para a gestão de recursos hídricos e ainda para a sustentabilidade, além de ser uma das possibilidades futuras para manter a irrigação, uma vez que são disponibilizados por essas águas, nutrientes primordiais aproveitados pelas plantas como: nitrogênio, fosforo, potássio, micronutrientes e matéria orgânica, que em condições adequadas, pode trazer benefícios para a produção agrícola.

Contudo, para que uma tecnologia seja extensivamente aplicada, não basta uma condição tecnicamente viável. Para que seja aplicável, é necessário que a tecnologia tenha eficiência de desempenhar um retorno financeiro interessante para quem for adotá-la no processo de produção, sendo necessária a análise econômica.

O presente estudo teve como objetivo avaliar a viabilidade econômica do aproveitamento de nutrientes presentes na água residuária urbana, da cidade de Botucatu – SP.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Recursos hídricos

A superfície terrestre é ocupada por 71% de água, desta totalidade 97,2% são atribuídos por águas salgadas e 2,8% por águas doces. Do percentual citado 2,38% de águas doces formam geleiras e calotas polares, 0,39% águas subterrâneas, 0,029% lagos e rios e 0,001% está presente na atmosfera, sendo que as águas doces em estado líquido acessível não são completamente desfrutadas, por motivos de sustentabilidade ambiental, inviabilidade econômica e financeira. (VICTORINO, 2007).

O Brasil representa 12% das reservas mundiais em água potável e 28% das reservas da América Latina, sendo considerado um dos países com maior potencial nesse aspecto (SILVA, 2012).

As regiões áridas e semiáridas não são as únicas que sofrem com a escassez. Regiões com índice de abundância em recursos hídricos também são incapazes de suprir a demanda para o abastecimento, bem como sofrem com restrições de consumo, que atingem diretamente o progresso econômico e padrões de vida (HESPANHOL, 2002).

Mesmo que a água disponha de uma fórmula química básica simples, em tempo algum foi executável a sua reprodução artificial. A única situação possível até o presente momento é a restauração da qualidade da água em variáveis classes de consumo (REBOUÇAS, 2008).

2.2 Água na agricultura

A irrigação é a principal fonte de retirada mundial de água doce, representando cerca de 70% de toda a margem disponível para consumo (ROSEGRANT et al., 2009). De acordo com o Relatório de Conjuntura da ANA (2017), em 2016 a vazão de retirada de água no Brasil para fins de irrigação chegou a 46,2% do total de distribuição, com equivalência de $969 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, sendo este o setor executor de maior percentual de retirada, sucessivo ao setor abastecimento urbano (23,3%), industrial (19,5%), animal (7,9%), abastecimento rural (1,6%) e mineralização (1,6%). Destacam-se também os

valores de vazão consumida para o setor irrigação, indicando um percentual de 67,2%, equivalente a $745 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.

Nos últimos dez anos, houve aumento considerável no total de área irrigada no território brasileiro, passando de 4,6 para 6,45 milhões de hectares respectivamente, colocando o Brasil em constante crescimento, com taxas médias anuais superiores a 4% (ANA, 2010; ANA, 2017). Além disso, estima-se que 29,6 milhões de hectares no Brasil sejam áreas irrigáveis potenciais (ANA, 2012).

A irrigação torna-se fundamental para assegurar a produção alimentar necessária e garantir uma boa produtividade, visto que a partir dela pode-se proporcionar a utilidade das mesmas áreas cultiváveis minimizando as influências climáticas em regiões de clima seco ou em áreas com evidências de estresse hídrico (OLIVEIRA, 2012).

A ANA (2017) prevê um aumento de 30% até o ano de 2030 no total de água retirada no Brasil. A FAO (2015), afirma que por volta de 2050, a falta de água atingirá dois terços da população mundial, por conta da utilização excessiva de recursos hídricos para a produção de alimentos.

A gestão de água se tornou um desafio para que a humanidade tenha capacidade de assegurar uma produção de qualidade em alimentos, sem deteriorar o ecossistema do qual a sociedade também necessita (GORDON et al., 2010).

Uma das tendências mundiais para minimizar a competição de água é a busca por meios mais eficazes de irrigação e de recursos alternativos, como o uso de água residuária (REBOUÇAS, 2010).

O ponto chave para a resolução dos problemas hídricos, ainda é a gestão de água na agricultura, onde por um lado há o crescimento produtivo agrícola que contribui com a expansão econômica, com a garantia e proteção alimentar, do outro, o consenso com a degradação do fator principal para o bem-estar do homem, o meio ambiente (GORDON et al., 2010).

2.3 Água residuária oriunda de efluente doméstico

O volume de efluentes que constitui o esgoto doméstico é oriundo da utilização hídrica de casas, edifícios públicos e prédios comerciais e outros utilizadores. Esse conjunto de esgoto dispõe 99.9% de líquido e 0,1% de sólidos (OLIVEIRA, 2012).

Na visão dos pesquisadores, o uso da água residuária sem tratamento é inaceitável e pode somente gerar benefícios sem consequências quando tratadas (VAN DER HOEK et al, 2002).

Para a aplicação na agricultura, os resíduos de esgoto doméstico trazem benefícios, por possuem concentrações de macro e micronutrientes capazes de suprir as necessidades de uma vasta parte dos cultivos, tendo potencial para eliminar ou diminuir a fertilização com adubos inorgânicos (PLETSCH, 2012).

Os nutrientes primordiais aproveitados na irrigação com as águas residuárias são fósforo, nitrogênio, micronutrientes e matéria orgânica (OLIVEIRA, 2012).

Ao mesmo tempo em que a presença de nutrientes no esgoto favorece sua aplicação na agricultura, para que se obtenha o melhor desempenho no desenvolvimento da cultura irrigada, precisa-se ter controle das concentrações e da presença de outras substâncias, como os sais e os sólidos dissolvidos, as substâncias inorgânicas, os agentes tóxicos, os macronutrientes, entre outros (TELLES; COSTA, 2010).

Quando esses efluentes são lançados nos corpos d'água, mesmo que sejam tratados, ainda pode acontecer à poluição destes mananciais. A presença de altas concentrações de nitrogênio e fósforo nesses efluentes provoca o problema da eutrofização (MOTA; VON SPERLING, 2009), ocasionando o crescimento abundante de organismos e plantas aquáticas, impedindo as trocas gasosas e a passagem da luz, conseqüentemente levando as espécies existentes nesse meio a morte (MACÁRIO, 2018). Geralmente, o fator de maior preocupação está relacionado ao crescimento das algas, que dependem de nutrientes como o nitrogênio e o fósforo para se desenvolverem. A medida em que os níveis desses nutrientes são elevados, ocorre do mesmo modo a elevação da concentração das algas, podendo atingir superpopulações, cujo resultado é a proliferação de macrófitas, em particular o aguapé (MOTA; VON SPERLING, 2009).

Na irrigação, uma das grandes preocupações na construção de projetos que utilizam a água residuária é a presença de microrganismos patógenos (bactérias, vírus

e parasitas), que possibilitam a contaminação das plantas e do solo, causando riscos de transmissão de enfermidades que podem fomentar problemas de saúde pública ou animal. Esse volume de microrganismos nas águas residuárias urbanas são atípicos, sendo baseado na concentração da população, isso é, da quantidade de habitantes nas regiões (CUBA, 2015; OLIVEIRA, 2012). Outro fator que provoca a oscilação de patógenos e de nutrientes na água residuária é a infiltração das águas das chuvas (águas pluviais) nas redes de esgoto em determinadas épocas do ano, que promovem a diluição das concentrações destes (MOTA; VON SPERLING, 2009).

Os sistemas de tratamento de esgoto, em sua maioria, são vistos como métodos eficientes para a eliminação dos organismos patógenos presentes na água residuária sem remover consideravelmente os principais nutrientes aproveitados para o uso agrônômico, no entanto, são necessários tratamentos complementares (MOTA; VON SPERLING, 2009).

Sobre aplicação da água residuária na agricultura, Souza (2006) afirma que, a menos que haja danificação da planta, os organismos patógenos não têm capacidade de penetrar os tecidos vegetais, contudo, esses organismos podem ser encontrados na superfície de plantas que receberem esse tipo de irrigação e podem apresentar resistência a partir de alguns fatores como temperatura, umidade do ar, luz solar e outros (VAN DER HOEK et al., 2002).

O volume de microrganismos na água residuária não é o único causador de riscos para o homem, além desse fator, se a água residuária obtiver quantidades consideráveis de metais, estes podem se acumular no solo e culturas, fazendo com que representem um perigo para a saúde humana (VAN DER HOEK et al., 2002).

A atividade de desinfetar esgoto procura inativar rigidamente as espécies de organismos presentes no esgoto sanitário, em particular as que causam risco ao bem-estar humano. A principal finalidade da desinfestação das águas residuárias tratadas é a eliminação dos organismos patogênicos. Os métodos de desinfestação de esgotos sanitários podem ser, segundo Oliveira (2012), de aspectos artificiais químicos (cloração, dióxido de cloro, ozonização, misturas oxidantes) e físicos (radiação ultravioleta, radiação gama, filtração terciária, membranas filtrantes).

O uso de água residuária tratada, em particular de esgoto doméstico, apresenta vantagens aos usuários. Van Der Hoek et al. (2002) e Oliveira (2012) descrevem as vantagens dessa utilização:

- ◁ Conservação de água;
- ◁ Reciclagem de nutrientes, reduzindo assim a necessidade dos agricultores investirem em fertilizantes químicos;
- ◁ Fornecimento confiável de água para os agricultores, especialmente nas áreas secas de baixa renda;
- ◁ Prevenção da poluição de rios, canais e outras águas superficiais que de outra forma seriam utilizados para a eliminação das águas residuais. (VAN DER HOEK et al. 2002. p.1)
- ◁ Aumento a produtividade das culturas, observada em diferentes culturas em diversos trabalhos acadêmicos;
- ◁ Reduz o custo de fertilizantes, reduzindo a necessidade de fertilizantes artificiais e economizando a aplicação dos mesmos;
- ◁ Atua como um método de disposição de água residuária de baixo custo para Companhia de Saneamento e comunidades rurais;
- ◁ Custo de bombeamento de águas residuárias nas proximidades dos canais é menor que o custo de bombeamento de águas subterrâneas. (OLIVEIRA, 2012. p. 66).

Oliveira (2012) descreve alguns pontos negativos da irrigação não planejada com águas residuárias;

- ◁ Se o sistema de irrigação for inadequado, os patógenos podem contaminar operadores e criar habitats para vetores de doenças;
- ◁ As altas cargas de nutriente (em especial N e P), não aproveitadas pelas plantas, devido à escolha inadequada e compatível com a qualidade do efluente, podem aumentar o risco de eutrofização de águas superficiais e poluição de águas subterrâneas;
- ◁ As altas cargas de sais podem causar salinização do solo e dos recursos hídricos caso não haja acompanhamento técnico especializado;
- ◁ Os metais pesados, poluentes orgânicos, hormônios e antibióticos podem entrar na cadeia alimentar ou poluir águas subterrâneas (OLIVEIRA, 2012. p. 69).

2.3.1 Experimento a partir do método de desinfestação da água residuária proposto por Gomes (2016)

Gomes (2016), através da Tese intitulada Aplicação de Água Residuária e Deficiência Hídrica em Espécies de Interesse Agrônomo, promoveu experimentos utilizando água residuária como alternativa ao suprimento hídrico na produção agrícola, com a intenção de estudar seu impacto fisiológico para irrigar as culturas da soja e do feijoeiro. O autor constatou que a água residuária possui nutrientes capazes de atender as exigências nutricionais das culturas em questão.

Seu experimento foi conduzido em junho de 2015, em ambiente protegido, sendo uma estufa agrícola do Departamento de Química e Bioquímica do Instituto de Biociências-IB/UNESP, Campus de Botucatu-SP e foi disposto a partir de quatro tratamentos distintos, sendo: tratamento de controle (100% de necessidade hídrica da

cultura com água potável), deficiência moderada (50% de necessidade hídrica da cultura com água potável), deficiência severa (25% de necessidade hídrica da cultura com água potável) e tratamento com a utilização da água residuária (100% de necessidade hídrica da cultura), todos contendo sub parcelas com e sem extrato de algas (*Ascophyllum nodosum*).

O cultivo foi realizado com feijão carioca da cv. IAC Imperador ciclo precoce de 90 dias e soja da cultivar Pioneer 95Y21, com ciclo superprecoce de 110 dias.

As sementes de ambas culturas receberam tratamentos com Cruiser: 200 mL 100 kg⁻¹, Vitavax: 250 mL 100 kg⁻¹, Comal: 80 mL 100 kg⁻¹.

Para as sementes do feijão não houve a inoculação antes da semeadura, já as sementes da soja foram inoculadas com Masterfix: 100 g 50 kg⁻¹. Posterior a isso foram semeadas 4 sementes de cada cultura em vasos de 22 L, com profundidade de 3 cm e solo em capacidade de campo.

A adubação do solo foi feita apenas para os tratamentos que utilizaram água potável, sendo aplicado adubação de cobertura para reposição de nitrogênio (N) e potássio (K₂O) utilizando ureia e cloreto de potássio branco. Para o solo que recebeu a água residuária, não houve a aplicação de fertilizantes inorgânicos, com intuito de verificar a eficiência nutricional da água residuária. Desse modo, houve apenas a aplicação do calcário para correção da acidez em todos os tratamentos.

A água residuária que foi utilizada no estudo de Gomes (2016) foi oriunda da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE-SABESP) localizada na Fazenda Experimental Lageado FCA/UNESP, Botucatu-SP, a qual recebe um tratamento primário antes do seu lançamento no ribeirão Lavapés.

O transporte e coleta da água até a área experimental do autor, aconteceu por meio de caminhão pipa e o armazenamento do efluente por meio de reservatórios. Posteriormente a isso, este efluente passou por um tratamento secundário proposto por Gomes (2016), de filtração e ozonização.

Segundo Gomes (2016) o procedimento de filtração tem como objetivo a remoção física de ovos de helmintos que o sistema de tratamento primário da ETE não remove.

A filtração foi feita em coluna termoplástica, com 0,20 m de diâmetro e 0,70 m de altura. O interior do elemento filtrante foi constituído por camadas de areia de construção grossa e fina de 0,60 m, camada de 0,01 m de material esponjoso e

camada de 0,09 m de brita nº 0. Antes da inserção da areia no filtro, esta foi lavada por 12 h em água corrente com vazão de 0,150 L min⁻¹.

O sistema de filtragem funcionou por gravidade com vazão de 1,0 L min⁻¹, considerando a passagem da água pelo filtro com fluxo de 100%.

Já o procedimento de ozonização teve como finalidade a oxidação da carga microbiana (GOMES, 2016). Para tanto, utilizou-se reator de ozônio fabricado exclusivamente para essa função pela empresa TECNOBRASIL-Botucatu-SP, com vazão de 1,0 L min⁻¹, considerando o ozonizador ajustado em 100% de liberação de ozônio (O₃).

O tipo de sistema adotado para irrigação no experimento em questão, foi o de gotejamento.

Para Gomes (2016), os nutrientes fornecidos pela água residuária promoveram incremento na nutrição da planta, fertilidade do solo, fisiologia, produtividade das plantas e outros.

O autor ainda verifica que o feijoeiro tratado com água residuária obteve o número de grãos por planta de 99,7, número médio de grãos por vagem de 6,6, número médio de vagem por planta de 15,0 e a produtividade kg ha⁻¹ de 3.909,6.

Para soja notou-se o número de grãos por planta de 135,0, número médio de grãos por vagem de 2,2, número médio de vagem por planta de 59,3 e a produtividade kg ha⁻¹ de 4.783,8.

Os resultados de outros estudos, são inferiores aos observados por Gomes (2016), no qual Melo (2017), estudando o déficit hídrico aplicado em cultivares de feijoeiro nas fases vegetativa e reprodutiva, associado com o uso de água residuária, obteve rendimento equivalente ao número de grãos por planta de 35,38, número médio de grãos por vagem de 4,82, número médio de vagem por planta de 7,25 e a produtividade kg ha⁻¹ de 1.896,65.

Na avaliação de Costa (2013) sobre o estudo da produtividade de soja, constatou-se o número de grãos por planta de 121, número médio de grãos por vagem de 2,4, número médio de vagem por planta de 51 e a produtividade kg ha⁻¹ de 4.629.

No geral, o estudo de Gomes (2016) demonstrou que a aplicação da água residuária pode trazer melhores resultados comparativamente ao tratamento de controle por conta da presença de nutrientes, sendo recurso suficiente para atender as necessidades nutricionais das duas culturas estudadas. Contudo, conforme o autor

combinou água residuária com extrato de algas obteve melhores resultados, de acordo com suas análises.

2.3.2 Água residuária ao redor do mundo

Em diversos países, não há rejeição cultural na utilização de esgoto, especialmente tratados. Estes geralmente são bem reconhecidos em lugares onde demais fontes de recursos hídricos não são facilmente acessíveis por motivos econômicos e outros (OLIVEIRA, 2012).

A utilização de água residuária urbana é uma prática comum e bem-sucedida em alguns países como Estados Unidos, México, Austrália e China, além do Oriente Médio, região norte do Mediterrâneo e da África (UN WWAP, 2017). Oliveira (2012) cita ainda, Bangladesh, Índia, Indonésia e Peru.

Em um estudo realizado na Jordânia, Carr et al. (2011) relatam que o uso da água residuária ocorre em muitos locais do país e que a reutilização direta desta água acontece em torno dos tanques de estabilização da estação de tratamento, com estimativa de 1 milhão de m³ por ano sendo reutilizados.

Segundo Van Der Hoek et al. (2002) a prática de irrigação com água residuária sem tratamento é feita na maioria das cidades do Paquistão, contudo, seu estudo conclui que há necessidade de identificar métodos para prevenção e redução dos riscos à saúde.

No Brasil, as aplicações com água residuária na agricultura podem ser resumidas como informais. Ainda que os estudos voltados ao tema tenham comprovado viabilidade e eficiência na utilização de água residuária para a irrigação, o uso desse efluente em larga escala permanece em fase de introdução, já que não existe normatização no país para o exercício da atividade. (MOTA; VON SPERLING, 2009).

2.3.3 Legislações relacionadas ao tema no Brasil

A Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, onde o Artigo 1º III determina que, em casos de escassez de água, todas as reservas serão destinadas de maneira prioritária ao consumo humano e animal. O primeiro objetivo descrito pelo Artigo 2º da mesma Lei visa “assegurar à atual e às

futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos”.

Em relação à cobrança do uso dos recursos hídricos descrita na Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, na seção IV, o Artigo 19º tem como um dos objetivos reconhecer a água como bem econômico, e dar indicação do seu verdadeiro valor aos usuários. Ainda na mesma seção, o Artigo 20º expõe que serão cobrados os usos de recursos hídricos sujeitos a outorga nos termos do Artigo 12º desta Lei.

A outorga de direitos de uso de recursos hídricos visa garantir o equilíbrio quantitativo e qualitativo dos usos da água sob as condições previstas em Lei. O item I do Artigo 12º por sua vez, constitui que estão sujeitos à outorga de direito os indivíduos que fizerem a “derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo” (BRASIL, 1997).

No Estado de São Paulo, conforme o Decreto nº 50.667 de 30 de março de 2006, essa cobrança é estabelecida de acordo com os parâmetros de captação, consumo e lançamento. Cabe ao DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica) o poder outorgante, por intermédio do Decreto nº 41.258 de 31 de outubro de 1996.

Segundo a ANA (2012), a introdução de outorga e principalmente a cobrança de uso de recursos hídricos, em algumas situações, impulsionarão o exercício de reuso. Considerando que a água é o principal insumo no processo produtivo da agricultura, Oliveira (2012) afirma que na gestão dos recursos hídricos, deve-se priorizar a institucionalização da água residuária com atribuições voltadas para fins agrícolas, visto que este é o setor de maior consumo de água. Considerando-se a Resolução de nº 54 de 28 de novembro de 2005, Artigo 2º, são adotadas as seguintes definições em relação aos termos desse efluente:

I – Água residuária: esgoto, água descartada, efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias e agropecuária, tratados ou não; II – Reuso de água: utilização de água residuária; III – Água de reuso: água residuária, que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas; (BRASIL, 2005).

Os padrões e condições de lançamento de efluentes devem obedecer aos critérios estabelecidos pela Resolução do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) nº 357, de 17 de março de 2005, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais.

2.4 Análise de investimento

Na economia, a concorrência, a potencialização de lucros e a insuficiência dos recursos, são fatores que estimulam entidades a buscarem alocação ótima do seu capital de forma planejada. A ausência do planejamento financeiro pode causar condições de prejuízo para as empresas (SILVA, 2016).

Para diminuir a probabilidade de uma firma se envolver em prejuízos futuros, torna-se necessário que a empresa elabore o planejamento das suas atividades, prevendo os gastos, as receitas, e os riscos envolvidos em todo o processo (CAETANO JÚNIOR, 2018).

Para a obtenção dos resultados esperados pelas empresas, é necessária a aplicação de ferramentas e metodologias que possibilitem analisar de maneira mais eficaz e eficiente a utilização dos recursos (CARREIRA, 2018).

O investimento pode ser entendido como qualquer aplicação de recurso acompanhada de expectativa de geração de benefícios futuros aos agentes envolvidos, sejam eles empresários, empreendedores ou investidores (FREZATTI, 2012).

Com isso, a análise de investimento, oferece metodologias de análise que atendam esse tipo de necessidade empresarial, tratando-se de um dispositivo para a tomada de decisões para curto ou longo prazo, com destino a projetos de investimento, medidas financeiras diversas e outros (CARREIRA, 2018).

2.5 Orçamento de custos e receitas

Existem variáveis técnicas orçamentárias de capital usadas para orientar a tomada de decisão em novos projetos de investimento. A principal finalidade é distinguir os melhores planos, descartando os projetos inviáveis economicamente e selecionando os melhores projetos do ponto de vista econômico. Técnicas como estas, são aplicadas em projetos de diferentes categorias, para explorar a viabilidade e lucratividade do investimento (SILVA, 2016).

O orçamento empresarial pode ser entendido como uma ferramenta voltada para as operações e finanças da empresa e não apenas como um limitador e controlador de custos, sendo capaz de prever problemas, apontar metas e objetivos, auxiliando

na tomada de decisão dos gestores (LEITE et al., 2008), além de diminuir os perigos para os novos investimentos, garantido aos investidores maior segurança na aplicação (SILVA, 2016).

O planejamento e o controle de custos têm o propósito de identificar se o emprego de recursos em um determinado processo de produção está sendo remunerado, além de verificar o andamento da rentabilidade da atividade comparativamente as alternativas de investimento de tempo e capital (OIAGEN et al., 2006). Isso faz com que a empresa tenha controle sobre suas ações tanto no presente quanto no futuro (PINTO et al., 2018).

As estimativas das informações, apurações e processamentos de dados, são etapas necessárias de um planejamento prévio para apresentação de eficientes resultados de controle de custos (FRANCO et al., 2010).

Segundo Oiagen et al. (2006), no contexto econômico “[...] entende-se por custo toda e qualquer aplicação de recursos, de diferentes formas expressas em seu valor monetário[...]”. A classificação dos custos pode variar conforme a atividade do empreendimento. (CRUZ, 2011).

Já o capital proveniente da atividade empresarial é denominado como receita, sendo a venda de mercadorias ou prestações de serviços (VICECONT; NEVES, 2013). Esse capital é o dinheiro que contribuí como parcela positiva na composição do lucro gerado.

2.6 Fluxos de caixa

Das ferramentas mais usadas no planejamento das empresas, o fluxo de caixa merece destaque. No planejamento e controle financeiro, o fluxo de caixa é exibido como uma das ferramentas mais úteis, podendo ser executado de diversas formas de acordo com o que for primordial para a empresa, com o intuito de possibilitar uma visão das futuras entradas de recursos e dos desembolsos (FRIEDRICH, 2005).

De acordo com Abensur (2012), “os métodos tradicionais de análise de investimentos, partem do fluxo de caixa descontado para suas aplicações”. Para a obtenção do fluxo de caixa descontado, o gestor deve empregar técnicas de orçamento de capital que mostrem os benefícios e custos da aplicação de recursos em certos projetos (SILVA, 2016).

O fluxo de caixa tem a finalidade de arquitetar os futuros resultados do atual exercício da empresa ou projetar os resultados de um novo projeto de investimento (ABENSUR, 2012). Esses fluxos são compostos por entradas (recebimento pelos produtos comercializados) e saídas (fatores ligados à produção de tais produtos) (FRIEDRICH, 2005).

As resoluções dos fluxos de caixa representam o resultado líquido das entradas, menos as saídas previsíveis de um projeto no decorrer da sua vida útil (ABENSUR, 2012).

2.7 Taxa mínima de atratividade (TMA)

Um elemento importante para estimar a viabilidade econômica do investimento é a Taxa de Mínima Atratividade (TMA). Esta taxa pode ser interpretada como a taxa mínima que é exigida pelo investidor ou empreendedor que confere o nível de risco e retorno sobre o capital empregado em determinado investimento. A TMA deve ter como referência as taxas de juros vigentes no mercado como a Taxa do Sistema Especial de Liquidação e Custódia (SELIC) ou a Taxa de Juros de Longo Prazo (TJLP) ou outra taxa que o investidor considerar conveniente (COELHO; COELHO, 2012), levando em conta fatores como disponibilidade de recursos, custo dos recursos, taxa de juros paga no mercado por grandes bancos ou por títulos governamentais, horizonte de planejamento de longo prazo, oportunidades estratégicas que o investimento pode oferecer e aversão ou pretensão ao risco do investidor.

Para Assaf Neto (2012), a taxa SELIC representa a principal orientação de mercado para a composição das taxas de juros.

2.8 Indicadores

2.8.1 Valor presente líquido (VPL)

O Valor Presente Líquido (VPL) é um método de análise de fluxos de caixa que estima o valor presente de uma série de entradas e saídas de caixa sob uma taxa mínima de atratividade conhecida, distinguindo o valor inicial, sendo investimento, financiamento ou empréstimo (ASSAF NETO, 2012).

Um projeto comum de investimento mostra no seu processo inicial desembolsos e nos momentos futuros, recebimentos. É preciso que o conjunto de entradas supere a totalidade de saídas para que haja retorno em relação ao investimento (BARBIERE, 2007).

Segundo Assaf Neto (2012) quando são descontadas as séries de valores do fluxo de caixa sob uma taxa mínima de atratividade, o VPL indica o efeito econômico dessa alternativa financeira emitida em moeda atualizada. Este valor compreende a representação do resultado financeiro do projeto através da obtenção de um valor líquido, que concentra todos os fluxos financeiros previstos apresentados no fluxo de caixa em um único período (COELHO; COELHO, 2012).

Para que o método seja colocado em prática, é necessário primeiramente a definição de uma taxa de desconto a ser utilizada na atualização dos fluxos de caixa (ASSAF NETO, 2012), assim, considera-se pelo investidor uma taxa de juros mínima interessante, a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) (BARBIERE, 2007).

Para ser admitido, o projeto de investimento não deve obter o VPL do fluxo de caixa negativo (SILVA et al., 2014), caso o VPL apresente um valor maior que zero, o projeto de investimento é considerado economicamente viável e deve ser escolhido como melhor opção aquele que apresentar o maior VPL (SILVA; FONTES, 2005). Quando o VPL apresentar valor igual à zero, não significa que o projeto seja inviável, esse resultado representa que os valores investidos foram pagos e que o lucro sobre o investimento será igual ao mínimo esperado, alcançando a taxa mínima de atratividade (SAMANEZ, 2007).

2.8.2 Taxa interna de retorno (TIR)

A taxa Interna de Retorno (TIR) é o método que iguala o valor presente líquido dos fluxos de entradas aos fluxos de saída de caixa em um determinado período. Adota-se frequentemente para o início da operação o momento zero, sendo este o período e fator de comparação dos fluxos de caixas (ASSAF NETO, 2012).

Para que um investimento seja economicamente interessante, a TIR deve ser maior do que a taxa de retorno desejada pelo investidor, isto é, a taxa mínima de atratividade - TMA (SILVA et al., 2014).

Nessa análise, o retorno calculado (TIR) é comparado com a TMA, indicando aprovação ao projeto quando a TIR no mínimo for idêntica à taxa de desconto aplicada (ASSAF NETO, 1992), diante disso, a desigualdade entre essas duas taxas pode ser compreendida como parâmetro de limitação de segurança na tomada de decisão do investidor (COELHO; COELHO, 2012).

2.8.3 Relação benefício/custo (RBC)

Relação benefício/Custo (RBC) é razão em meio ao valor presente das entradas e saídas de caixa do projeto e a realização dos seus cálculos é feita através de uma taxa mínima de atratividade (MENDONÇA et al., 2009).

Entende-se o cálculo do RBC como a proporção de quanto se deseja obter por unidade monetária aplicada. O resultado representa a divisão do valor presente do fluxo de caixa pelo respectivo investimento inicial, promovendo um valor comparável a diversos projetos (COELHO; COELHO, 2012).

Para que haja atratividade econômica voltada para o projeto, o indicador deve apresentar um valor maior que 1,0, sendo o valor presente das entradas maiores que os de saídas, levando o VPL a ser positivo. O inverso indica desinteresse econômico ao projeto, sendo RBC menor que 1,0, levando o VPL a ser negativo (ASSAF NETO, 2012).

É importante destacar que se o resultado for aproximado ou igual a 1,0, a escolha sobre o investimento é arriscada, já que dentro das medidas estabelecidas proporcionam ganhos financeiros baixos, quando confrontados ao pequeno risco da aplicação financeira equivalente a TMA definida (COELHO; COELHO, 2012).

2.8.4 Payback descontado

O método do *payback* é a representação numérica do período, sendo este, meses ou anos, que é necessário para a recuperação do capital investido. (COELHO; COELHO, 2012).

Existem duas maneiras para a aplicação deste método: *payback* simples (PBS) e o *payback* descontado (PBD). Ambos diferem por conta de que o PBD analisa o valor do dinheiro no tempo, fazendo uma atualização dos fluxos futuros de caixa sob uma

taxa aplicável ao mercado financeiro, a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) escolhida, levando os fluxos ao valor presente, para então calcular o tempo de recuperação do capital (FONSECA; BRUNI, 2010).

Com as variações na rentabilidade dos fatores de produção, este método desempenha papel fundamental no processo de análise de investimento, uma vez que um vasto período para a recuperação capital pode configurar perdas de oportunidade em outras aplicações (COELHO; COELHO, 2012).

Conforme o tempo da recuperação do capital se mostrar menor, mais rápido acontecerá à recuperação do investimento (LANNA, 2012).

Contudo, não é certo contemplar o PBD como fator decisório para o investimento, visto que este não considera os fluxos de caixa depois do tempo de recuperação. O método condiciona os tomadores de decisões a escolherem os projetos de períodos mais curtos de recuperação de capital, desconsiderando outros projetos de períodos longos, que poderiam propiciar maior desempenho econômico para o investidor (FONSECA; BRUNI, 2010).

3 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa teve como base o estudo de Gomes (2016), que analisou a aplicação da água residuária tratada por meio de filtração e ozonização como alternativa ao suprimento hídrico na produção agrícola, com a intenção de estudar seu impacto fisiológico para irrigar as culturas da soja e do feijoeiro.

O autor constatou que a água residuária possui nutrientes capazes de atender as exigências nutricionais das culturas em questão.

A partir dos resultados descritos por de Gomes (2016), organizou-se o estudo para avaliação econômica do processo de desinfestação da água residuária (filtração seguida de ozonização) e seu aproveitamento nutricional.

3.1 Descrição técnica e levantamento de custo do processo de filtração e ozonização da água residuária

A descrição técnica reproduzida neste estudo teve como base o entendimento do processo de aplicação da água residuária proposto e estudado de Gomes (2016).

Os custos identificados no processo de filtração e ozonização de água residuária foram custos com investimento inicial (tubulação, reservatórios, mão-de-obra de instalação e ozonizador) e custos operacionais (água residuária, água potável, energia elétrica, componentes do filtro e manutenção do ozonizador), estabelecidos a partir de cotação na Cidade de Botucatu - SP.

3.1.1 Origem da água residuária

A água residuária foi captada da Estação de Tratamento de Esgoto da SABESP (ETE) localizada na Fazenda Experimental Lageado FCA/Unesp, Botucatu-SP. A água passa inicialmente por um tratamento constituído por desarenador, tanque de equalização, reator anaeróbico e decantadores. Posteriormente a esse tratamento, essas águas são lançadas no ribeirão Lavapés.

3.1.1.2 Determinação do custo para água residuária

No Brasil, a comercialização da água residuária para fins agrícolas ainda não existe, desse modo, foram estimados três valores como custo para água residuária.

O primeiro valor foi determinado com base nas informações disponibilizadas pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp), que avalia o custo da água residuária para a comercialização do efluente na cidade de São Paulo, no reaproveitamento das lavagens de ruas, regas de jardins, tingimento de tecidos e outros processos.

O segundo valor foi determinado com base na outorga de direito do uso de recursos hídricos. Das 22 Unidades hidrográficas de gerenciamento dos recursos hídricos (UGRHI) do Estado de São Paulo, a cidade de Botucatu está introduzida em três: 05 – Piracicaba/ Jundiaí/ Capivari, 10 – Tietê/ Sorocaba e 17- Médio Paranapanema. Das três unidades citadas, as UGRHI 05 e 10 já estão com implantação da cobrança por água. Os Decretos de nº 51.449 de 29 de dezembro de 2006 e nº 55.008 de 10 de dezembro de 2009 aprovam e fixam os valores a serem cobrados pela utilização dos recursos hídricos no domínio dessas bacias. Os Preços Unitários Básicos (PUBs) para a cobrança da água são definidos a partir da capitação, do consumo e do lançamento de carga DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio). A partir disso, utilizou-se apenas o valor de capitação e consumo para definição do segundo custo da água residuária.

O terceiro custo surgiu a partir do entendimento de que nenhum produtor pagaria pela água residuária o mesmo que pagaria por uma fonte de água potável.

Não foram considerados os custos logísticos de coleta e transporte da água residuária neste trabalho, visto que os custos com o trânsito do alto volume de água, impossibilitaria analisar o que realmente se pretendeu estudar.

3.1.2 Filtragem

Segundo Gomes (2016) o procedimento de filtragem tem como objetivo a remoção física de ovos de helmintos que o sistema de tratamento primário da ETE não remove.

A filtragem foi feita em coluna termoplástica, com 0,20 m de diâmetro e 0,70 m de altura. O interior do elemento filtrante foi constituído por uma camada de areia de construção grossa e fina de 0,60 m, camada de 0,01 m de material esponjoso e camada de 0,09 m de brita nº 0. Antes da inserção da areia no filtro, a mesma lavada por 12 h em água corrente com vazão de 0,150 L min⁻¹.

O sistema de filtração funcionou por gravidade com vazão de $1,0 \text{ L min}^{-1}$, considerando a passagem da água pelo filtro com fluxo de 100%.

Estima-se que a troca de todos os materiais no interior do filtro seja necessária a cada 10.000 L de água filtrada, uma vez que, segundo Gomes (2016), a água residuária da ETE de Botucatu não apresentou vestígios da presença de ovos de helmintos.

3.1.2.1 Custo de filtração

Foram apuradas as médias dos três valores cotados no mercado da cidade de Botucatu referente aos custos dos materiais de filtração. Este procedimento também foi aplicado aos custos de reservatórios e mão de obra de instalação.

Os custos do procedimento de lavagem da areia ($0,150 \text{ L min}^{-1}$) foram estimados a partir da conta mensal de serviço da concessionária Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp), com base na taxa de consumo água e esgoto (cotação 03/18).

3.1.3 Ozonização

O procedimento de ozonização teve como finalidade a oxidação da carga microbiana (GOMES, 2016). Para tanto, utilizou-se reator de ozônio fabricado exclusivamente para essa função pela empresa TECNOBRASIL-Botucatu-SP, com vazão de $1,0 \text{ L min}^{-1}$, considerando o ozonizador ajustado em 100% de liberação de ozônio (O_3).

3.1.3.1 Custo de ozonização

O valor do reator foi estimado a partir do levantamento dos custos dos materiais que compõem o aparelho e a mão-de-obra de um profissional para fabricá-lo.

Os custos identificados para a montagem do ozonizador são referentes aos componentes estruturais (caixa metálica, registros de entrada e saída de água, mangueiras e acessórios de canalização); componentes elétricos (circuito eletrônico, materiais elétricos); e mão de obra (montagem). Foram cotados três valores no

mercado de Botucatu para cada material que compõe o ozonizador a fim de obter as médias para a estimativa do custo do aparelho.

A manutenção do aparelho está relacionada à troca de bulbo que emite descarga voltaica capaz de induzir a formação de ozônio pela passagem da água residuária. O bulbo tem, em média, 8.000 h de vida útil sendo necessária sua troca uma vez ao ano. Para este produto, também foram obtidas médias em relação ao seu custo.

Para estimar o consumo de energia elétrica do ozonizador, foram mensurados os valores de corrente e tensão a partir de um alicate amperímetro e dessa maneira determinou-se o valor da potência do aparelho com base no emprego da equação, obtida conforme Markus (2011):

(1)

Onde:

P = Potência (unidade Watt [W])

V = Tensão (unidade Ampere [A])

I = Corrente (unidade Volts [V])

Logo:

Para determinar o consumo total em kWh aplicou-se:

(2)

Onde:

kWh = Quilowatt-hora

P = Potência em Watt

t = Tempo de utilização

d = Números de dias

Os custos do procedimento de consumo de eletricidade foram estimados a partir da conta mensal de serviço da concessionária Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL), com base na taxa de consumo de energia elétrica (cotação 03/18).

Figura 1 - Croqui do sistema de filtragem e ozonização proposto por Gomes (2016)



3.2 Receitas

Como receita, foram considerados dois itens: I - Produtividade estimada pelo estudo de Gomes (2016) para a cultura da soja e do feijoeiro: valores excedentes em relação ao tratamento com água residuária, comparativamente ao tratamento de controle do autor. II - Economia de adubo inorgânico que a água residuária de Botucatu pode proporcionar: identificação da quantidade de macronutrientes (NPK) presentes na água residuária e estimativa monetária desses nutrientes equivalente aos fertilizantes inorgânicos comercializados na cidade.

3.2.1 Produtividade

Para a determinação da produtividade, foram coletados e utilizados dados do estudo de Gomes (2016) para o desenvolvimento dos cálculos nessa etapa (Tabela 1). Os cálculos foram realizados tanto para estimar a produtividade da soja quanto do feijoeiro de acordo com a capacidade de filtragem e ozonização do sistema.

Tabela 1 - Dados retirados do estudo de Gomes (2016) e utilizados no desenvolvimento dos cálculos para determinar a produtividade da soja e do feijoeiro

Cultura	Ciclo (dias)	Lâmina de irrigação (L/m ²)	Produtividade (kg ha ⁻¹)	
			Irrigação convencional	Irrigação com água residuária
Soja	110	490,77	1.888,6	4.783,8
Feijoeiro	90	353,21	2.258,1	3.909,6

Fonte: adaptado de Gomes (2016).

Com o intuito de analisar a verdadeira capacidade do sistema de filtragem e ozonização proposto por Gomes (2016), primeiramente foi determinada a capacidade máxima em filtrar e ozonizar a água residuária para atender o ciclo das culturas estudadas.

Levando em consideração que o sistema tem capacidade média de filtragem e ozonização de 1.000 L a cada 15 h (GOMES, 2016), isso é 1,6 m³ a cada 24 h, encontrou-se a capacidade do sistema para atender o ciclo da soja e do feijoeiro a partir de:

(3)

Onde:

cf = Capacidade do sistema para atender o ciclo da cultura (m³)

c = Ciclo de cada cultura (dias)

Depois da determinação da capacidade do sistema, conseqüentemente, foi determinada a capacidade da área a ser irrigada para cada cultura, considerando-se a lâmina total de irrigação por ciclo descrita por Gomes (2016) correspondente a soja e ao feijoeiro:

(4)

Onde:

A = Área (m^2)

cf = Capacidade do sistema em atender o ciclo da cultura (m^3)

lm = Lâmina (m^3)

Para identificar a produtividade da soja e do feijoeiro que supostamente seria obtida a partir da área determinada, considerou-se ainda, os resultados de produtividade por hectare com e sem reuso, estimados por Gomes (2016):

$$\frac{P}{A} = \frac{p}{ha} \quad (5)$$

Em que:

P = Produtividade por área (kg)

A = Área (m^2)

p = Produtividade por ha (kg)

Em seguida, ambas as produtividades por área (com e sem reuso) foram divididas em sacas de 60 kg e assim subtraídas, uma pela outra. Logo, foram realizadas cotações dos preços das sacas excedentes para soja e feijão em março de 2018, obtidos junto ao banco de dados do Instituto de Economia Agrícola (IEA, 2018).

Desse modo, foi determinada a receita a partir da produtividade excedente proporcionada pela água residuária, sendo esta multiplicada por três ciclos para cada uma das culturas, representando período de plantio por um ano completo.

3.2.2 Economia de adubação inorgânica

Para efeito do cálculo de economia de adubo, foram consideradas as concentrações de macronutrientes (nitrogênio, N; fósforo, P; e potássio, K) presentes na água residuária.

Foram utilizados valores da análise físico-química de Gomes (2016) para N e P. Em razão da falta de informações para K nos parâmetros de Gomes (2016), foi coletada amostra de água residuária em março de 2018, a qual foi encaminhada para o Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas da FCA/Unesp para análise. Com a intenção de identificar possível oscilação do nutriente presente nessa amostra de

água, utilizou-se ainda o valor de K citado por Oliveira (2012) para a obtenção da média (Tabela 2).

Tabela 2 - Quantidades médias de nutrientes por m³ presente na água residuária de Botucatu

Nutrientes	----- g/m³-----
Nitrogênio	21,88
Fósforo	21,72
Potássio	18,00

Fontes: adaptado, Gomes (2016); Oliveira (2012).

Em seguida foram tomados como referência os fertilizantes inorgânicos utilizados no experimento de Gomes (2016) e foram identificados os teores dos nutrientes fornecidos nas formulações desses fertilizantes inorgânicos (TRANI; TRANI, 2011), conforme Tabela 3. Realizou-se ainda, cotação dos preços dos fertilizantes descritos na tabela, com valores médios por kg comercializados no mercado de Botucatu.

Tabela 3 - Percentuais de nutrientes de cada fertilizante inorgânico

Fertilizantes inorgânicos	N	P₂O₅	K₂O
Ureia	45%	----	----
Superfosfato simples	----	18%	----
Cloreto de potássio	----	----	60%

Fonte: adaptado, Trani; Trani (2011).

Foi feita uma estimativa da quantidade de fertilizante inorgânico necessário para o fornecimento da mesma quantidade de NPK presentes na água residuária de Botucatu, com objetivo de calcular o custo desses fertilizantes.

(6)

Onde:

Q= Quantidade de fertilizante inorgânico necessária

n= Nutrientes encontrados na água residuária (g)

p = Porcentagem de nutriente de cada o formulado (g)

Logo foi possível identificar o quanto vale cada nutriente contido em 1m³ de água residuária:

$$\text{—————} \quad (7)$$

Onde:

Cn = Custo do nutriente

Pn = Preço do nutriente por kg (ou cada 1.000 g)

Q = Quantidade de fertilizante inorgânico necessária

3.3 Análise econômica

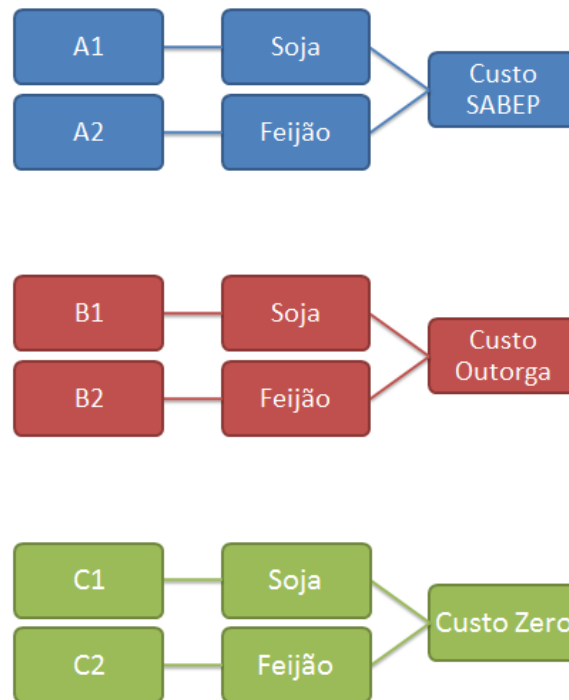
O orçamento do projeto foi dividido em três partes, sendo custos do investimento inicial, custos operacionais e receitas (produtividade e economia de adubo inorgânico).

Para analisar a viabilidade econômica do processo de filtração e ozonização, foram projetados seis cenários a partir de fluxos de caixa descontados, com horizonte de planejamento de 10 anos.

Os custos dos fluxos de caixa foram elaborados conforme o processo de filtração e ozonização proposto por Gomes (2016). Esses custos foram reproduzidos em todos os cenários, exceto o custo da água residuária. Já as receitas foram estimadas de acordo com a determinação da produtividade das culturas soja e feijoeiro (item 3.2.1) e economia de adubo inorgânico (item 3.2.2), proporcionada pelo uso da água residuária.

Os cenários foram projetados com base na determinação dos três custos da água residuária e foram considerados para cada custo as duas culturas estudadas por Gomes (2016), conforme mostra a Figura 2.

Figura 2 - Cenários estabelecidos para as análises de investimento



Foram utilizados os critérios tradicionais de avaliação econômica, sendo Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), Relação Custo Benefício (RBC) e *Payback* Descontado (PBD).

Portanto, utilizou-se a taxa Selic como taxa de desconto, com rendimento de 6,5% a.a., no ano de 2018. Essa taxa de desconto foi utilizada para todos os indicadores em todos os cenários como TMA.

O critério do VPL transfere o conjunto de valores do fluxo de caixa ao momento inicial, descontando a TMA estabelecida (FURLANETO, 2009; SILVA et al., 2014), segundo a equação:

(8)

Em que:

VPL = valor presente líquido;

n = número de períodos ou duração do projeto;

j = período em que os custos e as receitas ocorrem;

i = taxa mínima de atratividade;
 FC_j = fluxo de caixa para n períodos;
 FC_0 = valor do investimento inicial.

A TIR iguala o resultado do VPL de um fluxo de caixa a zero. O retorno calculado é comparado à taxa mínima de atratividade para aprovação ou não do projeto (SILVA et al., 2014). Vista pela equação;

$$\text{-----} \quad (9)$$

Onde:

FC_0 = fluxo de caixa no momento zero;
 n = número de períodos ou duração do projeto;
 j = período em que os custos e as receitas ocorrem;
 i = taxa mínima de atratividade;
 FC_j = fluxo de caixa para n períodos.

A análise de RBC compreende a divisão do valor presente pelo valor introdutório do investimento, sob a determinada taxa de desconto (MENDONÇA et al., 2009). Dada à equação:

$$\text{-----} \quad (10)$$

Em que:

B/C = relação benefício custo
 n = número de períodos ou duração do projeto;
 j = período em que os custos e as receitas ocorrem;
 i = taxa mínima de atratividade;
 FC_j = fluxo de caixa para n períodos;
 FC_0 = valor do investimento inicial.

E por último o *payback* descontado, que representa o tempo necessário para que os benefícios esperados superem o investimento inicial sob uma taxa de desconto considerada, acontecendo à recuperação do capital investido (LANNA, 2012).

3.4 Sistema computacional EcoAdubo

Foi desenvolvido como complementação para pesquisa, um sistema computacional denominado EcoAdubo, com intuito de facilitar possíveis simulações utilizando os cálculos desenvolvidos no item 3.2.2 deste trabalho, buscando eliminar as restrições das variáveis e reduzir o tempo para a identificação da economia com a adubação química.

O *software* foi totalmente criado em ambiente de programação *Delphi*, versão 10.1.

O *Delphi* é uma ferramenta de desenvolvimento, que facilita e reduz o tempo da execução dos trabalhos, desde os mais simples aos mais complexos.

O desenvolvimento do programa deu-se a partir de diversas linhas de combinações utilizando operações básicas aritméticas, as quais envolveram cinco variáveis.

A primeira variável considerada foram os tipos de fertilizantes inorgânicos, que tiveram como base o peso de 1kg e a porcentagem de nutrientes presentes neles, onde foram disponibilizadas cinco vertentes para nitrogenados (nitrato de amônio, nitrato de cálcio, nitrato de sódio, sulfato de amônio e ureia), cinco vertentes para fosfatados (superfosfato simples, superfosfato triplo, termofosfato, fosfato natural e ácido fosfórico) e três vertentes para potássicos (cloreto de potássio, sulfato de potássio, e magnésio). A identificação das porcentagens de nitrogênio, fósforo e potássio para essas vertentes foram baseadas no boletim técnico do IAC (TRANI; TRANI, 2011).

A segunda variável teve o seguimento de um campo em branco para a inserção do preço pago (em reais) por 1 kg de fertilizante inorgânico, de acordo com os tipos escolhidos na primeira variável.

A terceira variável também teve o seguimento do campo em branco para a inserção da lâmina de irrigação (L/m²) sem restrição do cultivo.

A quarta variável considerada foi à área que se pretende atender utilizando água residuária, para tanto, aplicou-se também o seguimento do campo em branco para a inserção em m^2 ou ha^{-1} .

E por fim, para a quinta variável considerou-se à inserção ou não dos parâmetros das propriedades físico-químicas da água residuária. Neste campo foram disponibilizadas de maneira opcional, as médias dos nutrientes presentes na água residuária da cidade de Botucatu-SP (período de análise – de 2013 a 2016), segundo dados concedidos pelo Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas da FCA/Unesp.

Para a obtenção dos resultados, foi gerado um botão com o termo “calcular”, o qual finaliza a interação entre o usuário e o sistema, através de “clique”.

Foram criados ainda, botões que disponibilizam ajuda e informações sobre os criadores.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Custos

Conforme a projeção dos seis cenários utilizando fluxos de caixa, os itens que compõem os custos do investimento inicial e os custos operacionais do processo de filtragem e ozonização foram reproduzidos em todos os cenários.

Os custos que compõem o valor do investimento inicial correspondem à somatória dos itens tubulação, dois reservatórios, mão de obra de instalação e ozonizador. Esses custos são apresentados na Tabela 4 e foram utilizados em todos os cenários.

Tabela 4 - Custos do investimento inicial utilizados em todos os cenários

Item	R\$
Tubulação do sistema (encanamento)	52,51
Reservatórios de água (2 X 1.000 L)	574,00
Mão de obra de instalação	60,00
Aparelho Ozonizador*	639,49

Levantamento de custo na Praça de Botucatu, SP (2018). *Componentes: estruturais, elétricos e mão de obra de montagem.

Os custos operacionais anuais se resumem aos gastos com a compra da água potável, energia elétrica, materiais do filtro, manutenção do ozonizador e a compra da água residuária.

A Tabela 5 resume a representação dos custos operacionais anuais que foram utilizados em todos os cenários da soja e do feijoeiro. A Tabela 6 mostra, de maneira isolada, os custos anuais com a compra da água residuária para cada cenário, sendo este valor, o único que difere entre os cenários nos itens dos custos operacionais, por conta das diferentes lâminas de irrigação entre as culturas estudadas e também conforme os três custos determinados para água residuária.

Tabela 5 - Custos operacionais anuais dos cenários da soja e do feijoeiro

Itens	Soja (R\$)	Feijoeiro (R\$)
Água potável	48,24	39,47
Energia elétrica	98,99	80,99
Materiais do filtro	218,06	178,42
Manutenção do ozonizador	76,01	76,01

Levantamento de custo na Praça de Botucatu, SP (2018).

Tabela 6 – Custo total da água residuária de cada cenário de acordo com as definições (Sabesp, outorga e zero)

Definição do custo para água residuária	Cenários	
	Soja (R\$)	Feijoeiro (R\$)
Sabesp	A1	A2
	533,28	436,32
Outorga	B1	B2
	15,84	12,96
Zero	C1	C2
	00,00	00,00

Conforme demonstrado na Tabela 6, o primeiro valor atribuído para água residuária segundo as definições da Sabesp, se deu a partir das informações disponibilizadas pela Empresa, onde no momento da cotação, avaliou-se o preço da água residuária em R\$ 1,01 o m³. Ainda segundo informações da companhia, a coleta e meio de transporte para movimentação dessa água, fica a critério do interessado.

O segundo valor descrito na tabela 6, de acordo com as definições de outorga, teve como base os Decretos de nº 51.449 de 29 de dezembro de 2006 e nº 55.008 de 10 de dezembro de 2009, que aprovam e fixam os valores a serem cobrados pela utilização dos recursos hídricos das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí e Sorocaba e Médio Tietê.

De acordo com os decretos, os Preços Unitários Básicos (PUBs) para a cobrança da água são definidos a partir da capitação: R\$ 0,01 por m³ de água captada; do consumo: R\$ 0,02 por m³ de água consumida; e do lançamento de carga de DBO: R\$ 0,10 e R\$ 0,13 por kg de carga de Demanda Bioquímica de Oxigênio lançada. Dessa forma, foram definidos os custos de água residuária segundo valor de capitação e consumo, sendo R\$0,03 por m³.

Os decretos ainda estabelecem, para os rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí o valor mínimo de R\$20,00 para efetivação de cobrança e para os rios Sorocaba e Médio Tietê o valor mínimo de R\$50,00 para parcelamento da cobrança.

4.2 Receitas

As receitas dos fluxos de caixa foram divididas em duas etapas: produtividade e economia de adubo e foram reproduzidas em todos os cenários.

Na Tabela 7, são descritos os resultados da determinação da produtividade de acordo com os cálculos do item 3.2.1 da metodologia. Foram considerados três vezes os valores referidos nos resultados dos cálculos, que representam a totalidade dos três ciclos das culturas (soja e feijoeiro), traduzindo um ano completo de plantio.

Tabela 7 - Resultados da produtividade total da soja e do feijoeiro de acordo com a capacidade de filtragem e ozonização do sistema.

Cultura	Capacidade do sistema para atender três ciclos das culturas (m ³ /ano)	Área* (m ² /ciclo)	Produtividade por Área (kg/ano)	
			Irrigação convencional	Irrigação com água residuária
Soja	528	358,62	203,16	515,66
Feijoeiro	432	407,68	276,15	478,14

*Utilização da mesma área durante o ano.

A partir dos dados da Tabela 7, foi possível mensurar e comparar a diferença no excesso de produtividade a favor da água residuária, sendo 5,19 sacas a mais para a soja e 3,39 para o feijoeiro, durante os três ciclos para as áreas que foram determinadas. Segundo IEA (2018), no período de avaliação, o preço médio recebido pelo produtor para esses dois grãos registrou R\$ 66,22 a saca da soja e R\$ 101,82 do feijão (cotação 03/2018). Com isso, devido à presença de macronutrientes na água residuária utilizada nas culturas, os resultados das receitas em relação às definições das produtividades, foram de R\$ 343,68 e R\$ 345,16 para soja e feijoeiro respectivamente, sendo cada um dos valores utilizados nos devidos cenários.

Já para a economia de adubo inorgânico, a estimativa foi de R\$0,59 por metro cúbico. Na Tabela 8, são descritos os resultados dessa determinação de acordo com os cálculos do item 3.2.2 da metodologia.

O valor total descrito na tabela foi obtido conforme a cotação do preço médio para 1 kg de ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio, comercializados na região de Botucatu (Tabela 8).

Tabela 8 - Preços médios dos fertilizantes inorgânicos comercializados na cidade de Botucatu e a estimativa de custo para cada quantidade de nutriente encontrada na água residuária

Fertilizantes inorgânicos	Preço (R\$/kg)	Estimativa de custo do nutriente presente na água residuária (R\$/m³)
Ureia	3,96	0,19
Superfosfato simples	2,28	0,27
Cloreto de potássio	4,46	0,13
TOTAL		0,59

Com essas definições, foi possível multiplicar a capacidade do sistema para atender o ciclo da cultura (Tabela 7), pela estimativa total de custo dos nutrientes presentes na água residuária (Tabela 8), resultando na identificação da economia total de adubo inorgânico para os 3 ciclos, sendo R\$311,52 para soja e R\$254,88 para feijoeiro.

A somatória da primeira e da segunda parcela das receitas resultou no total de R\$655,20 e R\$600,05 para soja e feijoeiro respectivamente.

4.3 Análise econômica dos cenários a partir dos indicadores

Para o desenvolvimento das análises dos indicadores, foi definida e utilizada a taxa de desconto (TMA) de 6,5% a.a. em todos os cenários.

Os dois primeiros cenários avaliados (A1 e A2), tiveram como base o custo da água residuária segundo as informações disponibilizadas pela Sabesp de Botucatu. De acordo com a companhia de saneamento básico, no período da cotação, avaliou-se o preço da água residuária em R\$ 1,01 o m³.

No fluxo de caixa dos cenários A1 e A2, esse valor representou a totalidade de R\$ 533,28 e R\$ 436,32 respectivamente.

Na Tabela 9, há uma síntese dos valores de entrada e saída do fluxo de caixa usado para o cenário A1.

Tabela 9 - Estimativa do fluxo de caixa do cenário A1

Ano	Custos (R\$)	Receitas (R\$)	Fluxo de caixa (R\$)
0	1.326,00 ¹		
1	974,59 ²	655,20 ³	- 319,39 ⁴
2	974,59	655,20	- 319,39
3	974,59	655,20	- 319,39
4	974,59	655,20	- 319,39
5	974,59	655,20	- 319,39
6	974,59	655,20	- 319,39
7	974,59	655,20	- 319,39
8	974,59	655,20	- 319,39
9	974,59	655,20	- 319,39
10	974,59	655,20	- 319,39

¹Custo de implantação do projeto (investimento inicial); ²Custo operacional total; ³Somatória das receitas (produtividade + economia de adubo inorgânico); ⁴ Resultados do fluxo de caixa

Dos custos operacionais totais observados neste cenário (A1), nota-se que os maiores gastos estão relacionados com a compra da água residuária.

O cenário se mostrou o mais pessimista, exibindo resultados de inviabilidade nas análises para VPL e RBC (Tabela 9). A TIR e o PBD nesse caso foram incalculáveis, em virtude do fluxo de caixa negativo (Tabela 9).

Tabela 10 - Indicadores de viabilidade econômica do cenário A1

Indicadores	Cenário
	A1
VPL (R\$)	- 3.622,03
TIR (%)	NC
RBC (R\$)	- 1,73
PBD (anos)	NC

VPL= Valor Presente Líquido; TIR= Taxa Interna de Retorno; RBC= Relação Benefício Custo; PBD= *Payback* Descontado; NC= Não calculável

Os dados da Tabela 10 apontam que o valor do VPL não superou o valor do investimento inicial de acordo com as entradas e saídas de caixa. Além do valor do investimento não se pagar, houve um agravo de R\$ - 2.296,03.

A RBC indica para o A1, que cada unidade investida gera R\$1,73 de prejuízo.

No cenário A2, o custo operacional mais alto também correspondeu à compra da água residuária, havendo uma pequena redução comparativamente ao A1, visto que a quantidade da lâmina de irrigação total do feijoeiro é menor, induzindo a percepção de que a escolha da cultura pode contribuir para a viabilidade ou não do projeto.

O A2 também demonstrou ser um dos cenários mais pessimistas, tendo resultados de inviabilidade para análise de VPL e RBC (Tabela 11). A TIR e o PBD também foram incalculáveis para este cenário, em virtude da negatividade do fluxo de caixa.

O valor do VPL não superou o valor do investimento inicial de acordo com as entradas e saídas de caixa, tendo agravo no prejuízo de R\$ - 1.518,01. Para RBC, o cenário indica que cada unidade investida gera R\$1,14 de prejuízo.

Tabela 11 - Indicadores de viabilidade econômica do cenário A2

Indicadores	Cenário
	A2
VPL (R\$)	- 2.844,01
TIR (%)	NC
RBC (R\$)	- 1,14
PBD (anos)	NC

VPL= Valor Presente Líquido; TIR= Taxa Interna de Retorno; RBC= Relação Benefício Custo; PBD= Payback Descontado; NC= Não calculável

Os cenários A1 e A2 revelaram ser inviáveis, sujeitos à rejeição em qualquer das hipóteses. Foi possível notar que o fator de maior impacto para essa inviabilidade, está relacionado à compra de água residuária.

A filtragem e a ozonização têm capacidade de controlar os grandes riscos que a água residuária pode gerar para a saúde humana. Esse controle representa um custo considerável para o produtor, ao passo que há necessidade de comprar a água residuária pelo valor referido nos cenários já mencionados (A1 e A2).

Entre as pressuposições feitas para ambos cenários, ocorre um desestímulo na implantação de projetos que utilizem a água residuária de esgoto com valor da

Sabesp, uma vez que existe a necessidade da compra deste insumo e sua desinfestação.

Com os cenários A1 e A2 foi possível perceber que a aplicabilidade segura da água residuária na agricultura torna-se realidade ainda distante para os pequenos produtores no Brasil, se estes forem sujeitos à compra da água residuária no valor de R\$1,01 o m³.

A atribuição do valor de R\$ 1,01 feita pela Sabesp para água residuária pode ser justificada pelas combinações de alguns fatores gerais. Entre estes, destacam-se a grande detenção de reservas hídricas no país, a falta de padronização da desinfestação da água residuária, o desinteresse governamental econômico voltado ao tema, desinformação da sociedade diante dos benefícios que a água residuária pode gerar, além da falta de legislação com atribuições direcionadas para agricultura, já que este é o setor de maior consumo de água no país e no mundo.

Os cenários B1 e B2 tiveram como base o custo de outorga de direito das subdivisões das bacias hidrográficas.

Desse modo, foram definidos para os cenários B1 e B2 os custos de água residuária segundo valor de capitação e consumo de acordo com os Decretos de nº 51.449 de 29 de dezembro de 2006 e nº 55.008 de 10 de dezembro de 2009, sendo R\$0,03 por m³. Para o cenário B1 a compra com a água residuária resultou em R\$15,84, e para B2 em R\$12,96.

Para ambos cenários, houve equilíbrio nas saídas registradas em fluxo de caixa, conforme o valor do custo da água residuária se mostrou mais acessível. Com isso, os fechamentos dos fluxos de caixa foram finalizados com resolução positiva. Os resultados das receitas menos os custos totais do sistema atingiram R\$198,05 para B1 (soja) e R\$ 212,20 para B2 (feijoeiro).

Na Tabela 12, são apresentados os valores de entrada e saída do fluxo de caixa do cenário B2, que comparativamente ao B1, se mostrou mais otimista.

Tabela 12 - Estimativa do fluxo de caixa do cenário B2

Ano	Custos (R\$)	Receitas (R\$)	Fluxo de caixa (R\$)
0	1.326,00 ¹		
1	387,85 ²	600,05 ³	212,20 ⁴
2	387,85	600,05	212,20
3	387,85	600,05	212,20
4	387,85	600,05	212,20
5	387,85	600,05	212,20
6	387,85	600,05	212,20
7	387,85	600,05	212,20
8	387,85	600,05	212,20
9	387,85	600,05	212,20
10	387,85	600,05	212,20

¹Custo de implantação do projeto (investimento inicial); ²Custo operacional total; ³Somatória das receitas (economia de adubo + produtividade); ⁴ Resultados do fluxo de caixa.

Tabela 13 - Indicadores de viabilidade econômica dos cenários B1 e B2

Indicadores	Cenários	
	B1	B2
VPL (R\$)	97,76	199,46
TIR (%)	8,05	9,61
RBC (R\$)	1,07	1,17
PBD (anos)	9,07	8,28

VPL= Valor Presente Líquido; TIR= Taxa Interna de Retorno; RBC= Relação Benefício Custo; PBD= *Payback* Descontado.

Com o valor expresso pelo VPL (Tabela 13), observa-se que houve recuperação do capital investido. Estes resultados corroboram o indicador TIR, onde estes cenários se mostraram favoráveis e apresentaram TMA menor que TIR. Para RBC, nota-se que os benefícios superam os custos na razão de 1 para 0,07 na soja e 1 para 0,17 no feijoeiro. Na análise de PBD, houve a recuperação mais rápida do capital investido para o cenário B2, sendo 8,28 anos, comparativamente ao cenário B1 que resultou em 9,07 anos.

Sabe-se que no Brasil a procura pela água residuária não é frequente para os processos de irrigação. É provável que o maior obstáculo para a aceitação dos

sistemas de reuso, seja pontualmente a falta de incentivo governamental para o uso e distribuição da água residuária.

Considerando que existe uma dificuldade em obter fontes alternativas de água para irrigação, e que os riscos na utilização da água residuária podem ser controlados, é indiscutível que o Estado e as companhias de coleta e tratamento de esgoto, ofereçam esse insumo com valor acessível aos produtores para garantir um avanço na reutilização desses efluentes na agricultura, uma melhor gestão dos recursos hídricos, além do desenvolvimento mais sustentável.

Para Oliveira (2012) as barreiras que necessitam ser transpostas estão relacionadas à aceitação da população, tecnologias inovadoras, apoio político e melhor gestão para assegurar a proteção à saúde e ao meio ambiente.

Com B1 e B2, percebe-se que existem cenários economicamente viáveis que utilizam técnicas seguras de sistemas de reuso que podem fomentar a sustentabilidade na agricultura, ainda que em pequena escala. Para isso, basta o fornecimento do principal insumo da irrigação a um valor acessível.

Nos cenários C1 e C2, foram considerados os custos com água residuária sendo zero.

Os resultados das receitas menos os custos totais para os cenários C1 e C2 atingiram R\$ 213, 89 e R\$ 225,16 respectivamente.

Estes cenários também se mostraram viáveis, havendo a recuperação do capital investido para VPL, TIR maior que TMA e superação dos benefícios em relação aos custos para RBC na razão de 1 para 0,16 na soja e 1 para 0,25 no feijoeiro (Tabela 14). O tempo para a recuperação do capital investido no cenário C2 demonstrou ser inferior ao cenário C1 na análise de PBD.

Tabela 14 - Indicadores de viabilidade econômica dos cenários C1 e C2

Indicadores	Cenários	
	C1	C2
VPL (R\$)	211,63	292,62
TIR (%)	9,79	11,00
RBC (%)	1,16	1,25
PBD (anos)	8,20	7,67

VPL= Valor Presente Líquido; TIR= Taxa Interna de Retorno; RBC= Relação Benefício Custo; PBD= Payback Descontado.

O C1 e C2 demonstraram ser os melhores cenários comparativamente aos já mencionados. Nota-se que os cenários que utilizaram a cultura do feijoeiro foram mais otimistas comparativamente aos que utilizaram a cultura da soja em todas as análises. Este fator pode ser justificado devido à quantidade da lâmina de irrigação e o preço determinado para a água residuária.

Atualmente, o destino para a água residuária é o descarte nos corpos d'água e para isso, a companhia de saneamento básico desembolsa o valor de outorga de direito ao lançamento.

O efluente da ETE de Botucatu é lançado no Ribeirão Lavapés com vazão média de 355 L s^{-1} e concentração de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) com média de 298 mg L^{-1} (OLIVEIRA, 2012). Segundo o Decreto de nº 55.008 de 10 de dezembro de 2009, o lançamento de carga DBO nos corpos d'água no domínio do Estado de São Paulo, nas bacias hidrográficas dos rios Tietê e Sorocaba, corresponde a R\$ 0,13 por kg de DBO lançado.

De acordo com Minghini (2007), a DBO representa de maneira indireta a parcela de matéria orgânica existente na água. Conforme o mesmo autor, nos esgotos domésticos, são encontrados em média 300 mg L^{-1} de DBO, que traduz “[...] o consumo de 300 mg de oxigênio em 5 dias à $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$, no processo de estabilização da matéria orgânica carbonácea biodegradável presente em 1 litro de esgoto”.

Diante disso e do que foi mencionado nesta pesquisa, fica claro que o não lançamento desses efluentes nos corpos d'água possibilitaria ganhos econômicos e ambientais, tanto para aqueles com interesse na economia com adubação química e maior produtividade na utilização da água residuária para irrigação na agricultura, quanto para as companhias de saneamento básico que não teriam o gasto com o descarte desse efluente, além de evitar problemas ambientais como a eutrofização.

A possibilidade da construção de adutoras e reservatórios por parte das companhias de saneamento, colaboradores e cooperativas de irrigantes, para armazenar água residuária em pontos estratégicos e de fácil acesso para os produtores, fomentaria a prática do reuso.

Mais adiante, ainda existe a possibilidade da reprodução do conceito técnico sobre filtração e ozonização em larga escala, considerando maiores capacidades de filtros e ozonizadores

4.4 Sistema computacional EcoAdubo

O sistema computacional desenvolvido gera resultados sobre estimativa monetária da economia com adubação química para aqueles com interesse na aplicação da água residuária como fonte de água alternativa para irrigação na agricultura.

Com a criação da plataforma, foi possível disponibilizar um meio para a resolução dos problemas numéricos descritos no item 3.2.2 da metodologia em frações de segundos, eliminando as restrições das variáveis e reduzindo o tempo para identificação dos resultados.

No desenvolvimento desse sistema, foram consideradas cinco variáveis, as quais dependem umas das outras para geração do resultado final, sendo, tipo do fertilizante, preço, lâmina de irrigação da cultura (L/m²), área (m² e ha) e propriedades físico-químicas da água residuária, conforme demonstrado na Figura 3.

Figura 3 - Layout da página principal do programa

The screenshot displays the EcoAdubo software interface. On the left, there are three lists of fertilizer options, each with a red arrow pointing to a corresponding dropdown menu in the main form:

- Top list:** Nitrate of Ammonium, Nitrate of Calcium, Nitrate of Sodium, Sulfate of Ammonium, Urea. Points to the 'Nitrogenados' dropdown.
- Middle list:** Simple Superphosphate, Triple Superphosphate, Thermophosphate, Natural Phosphates, Phosphoric Acid. Points to the 'Fosfatados' dropdown.
- Bottom list:** Potassium Chloride, Potassium Sulfate, Potassium Sulfate and Magnesium. Points to the 'Potássicos' dropdown.

The main form includes the following fields and sections:

- Peso do fertilizante químico (kg):** A radio button selected for '1'.
- Nitrogenados:** A dropdown menu and a 'Preço (R\$)' field with value '0,00'.
- Fosfatados:** A dropdown menu and a 'Preço (R\$)' field with value '0,00'.
- Potássicos:** A dropdown menu and a 'Preço (R\$)' field with value '0,00'.
- Lâmina total (l/m²):** A text input field with value '0,00'.
- Área (un):** A dropdown menu with 'ha' selected.
- Área (ha):** A text input field with value '0,00'.
- Propriedades físico-químicas:** A section with three input fields:
 - N-nitrogênio (g/m³): 34,40
 - P-Fósforo (g/m³): 3,12
 - K-Potássio (g/m³): 20,63
- Água Residuária (m³):** A green text input field.
- Economia total de Adubo (R\$):** A green text input field.
- Buttons:** Information (i), Help (?), and Calculate (Calculador).

De acordo com a Figura 3, observa-se que houve a necessidade da criação de vertentes para algumas variáveis e campos em branco para outras, a fim de eliminar as restrições que foram utilizadas para o desenvolvimento desta pesquisa. Com a flexibilidade dessas opções de escolha e inserção de dados, foi possível gerar resultados mais precisos a partir do tipo de fertilizantes inorgânicos que o produtor/pesquisador está habituado a utilizar, pelos preços pagos por estes

fertilizantes de acordo com as cotações do mercado da região que se pretende analisar, pela lâmina de irrigação de qualquer cultura – bastando saber a quantidade média de água para o desenvolvimento do cultivo, pela área – tanto em m² quando em hectare e por fim, sobre as propriedades físico-químicas da água residuária conforme a região em análise – já que existe uma oscilação nutricional de acordo com o número de habitantes da região que se pretende analisar e do volume de precipitação, que pode vir a diluir os nutrientes presentes nesta água.

Para a variável propriedade físico-química da água residuária, disponibilizou-se as médias dos nutrientes presentes na água residuária da cidade de Botucatu-SP (período de análise – de 2013 a 2016) como uma opção que pode sofrer alterações de acordo com o desejo do usuário.

Para efeito dos resultados demonstrados na Figura 4 e 5, foram inseridos no programa os mesmos dados utilizados nessa pesquisa, com dois parâmetros para as propriedades químicas da água residuária, sendo o primeiro baseado no estudo de Gomes (2016) e o segundo baseado nas médias dos nutrientes presentes na água residuária da cidade de Botucatu-SP, segundo dados concedidos pelo Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas da FCA/Unesp.

Figura 4 - Programa em funcionamento utilizando as propriedades físico-químicas segundo estudo de Gomes (2016)

The screenshot shows the EcoAdubo software interface with the following data and settings:

Peso do fertilizante químico (kg)		
● 1		
Nitrogenados	Preço (R\$)	
Uréia	3,96	
Fosfatados	Preço (R\$)	
Superfosfato Simples	2,28	
Potássicos	Preço (R\$)	
Cloreto de Potássio	4,46	
Lâmina total(l/m ²)	Área (un)	Área (m ²)
353,21	m ²	407,68
Água Residuária (m³)		Economia total de Adubo (R\$)
143,997		86,60

Propriedades físico-químicas

- N-nitrogênio (g/m³): 21,87
- P-Fósforo (g/m³): 21,72
- K-Potássio (g/m³): 18,00

Buttons: i, ?, and Calcular

Figura 5 - Programa em funcionamento utilizando as propriedades físico-químicas segundo Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas da FCA/Unesp

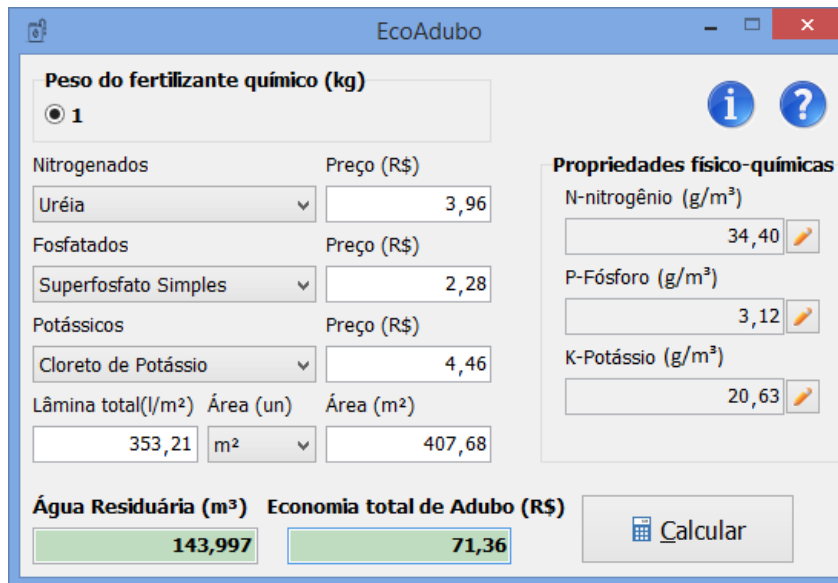
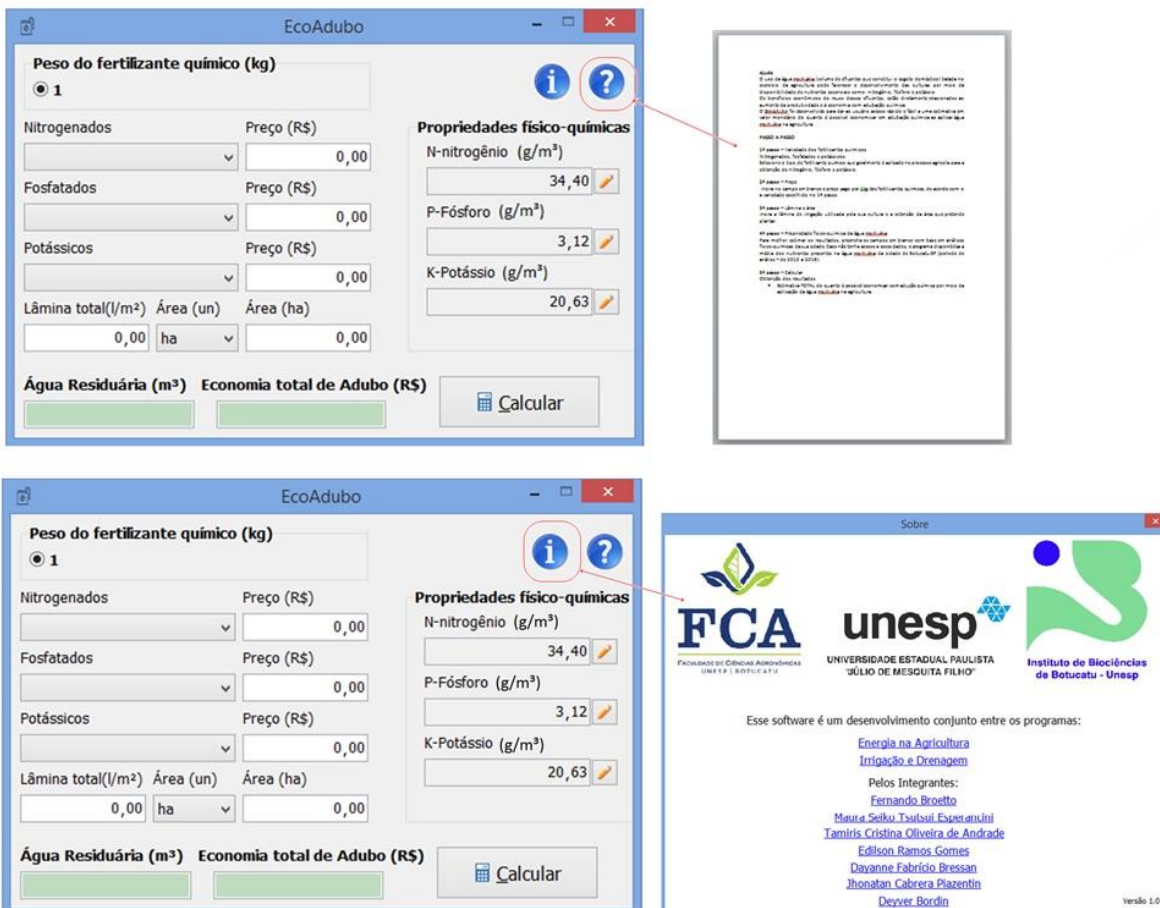


Figura 6 - Menu de ajuda e informações sobre os criadores



Na Figura 6, observa-se a criação de dois botões. O botão representado pelo sinal de interrogação, corresponde a um menu de ajuda que dá acesso a um arquivo exposto como “passo-a-passo”, auxiliando o usuário no entendimento e disposição correta dos dados. Já o botão representado pela letra “i”, leva o usuário a ter acesso ao conjunto desenvolvedor, desde os criadores, até as instituições parceiras.

Com os resultados da criação desse sistema computacional, acredita-se que futuramente o desenvolvimento dessa plataforma possa auxiliar e fomentar a criação de novos projetos que utilizem água residuária, contribuindo para a economia, para redução do uso dos recursos hídricos e da poluição e para a sustentabilidade.

O desenvolvimento da plataforma foi definido como versão 1.0 e ainda apresenta algumas limitações, havendo espaço para melhorias.

5 CONCLUSÃO

Baseado nos cenários utilizados e descritos no material e métodos concluiu-se que a viabilidade econômica da utilização de filtragem e ozonização para o aproveitamento de água residuária é fortemente dependente de variáveis imponderáveis, conforme se descreve nos seguintes cenários:

Nos cenários definidos como A1 e A2, o custo com a compra da água de residuária pela Sabesp à R\$1,01 inviabiliza seu uso, em termos econômicos, levando o VPL a ser < 0 (inferior ao capital investido) e $RBC < 1$ (rejeição do projeto), mesmo considerando-se maior produção e economia de adubos inorgânicos para as culturas estudadas.

Nos cenários definidos como B1 e B2, à medida em que o custo com a compra da água residuária se definiu a partir de outorga de direito do uso de recursos hídricos, ou seja, implantação da cobrança de água no domínio das bacias no estado de São Paulo, ambos cenários se tornaram viáveis. Nas análises dos indicados, foi possível notar que o cenário B2 se destacou com VPL R\$ 199,46, TIR 9,61%, RBC R\$ 1,17 e PBD 8,28 anos, em razão da escolha sobre a cultura utilizada e o preço pago pelo principal insumo.

Nos cenários definidos como C1 e C2, conforme os custos com a compra da água residuária foram representados como zero, houve viabilidade econômica para os dois cenários. O cenário C2, demonstrou maior destaque e obteve melhor desempenho econômico comparativamente a todos os cenários projetados neste trabalho, com VPL R\$292,62, TIR 11,00%, RBC R\$ 1,25 e PBD 7,67 anos. Esses resultados estão relacionados à escolha sobre a cultura utilizada e a projeção do custo zero sobre a água residuária.

Concluiu-se ainda, que a reprodução do conceito técnico sobre filtragem e ozonização em larga escala, causaria possíveis reduções nos custos operacionais.

O sistema computacional desenvolvido neste estudo, demonstrou ter capacidade de eliminar as restrições na identificação da economia com adubação inorgânica, apresentando estimativas monetárias do quanto é possível economizar com fertilizantes inorgânicos por meio da aplicação da água residuária na agricultura.

REFERÊNCIAS

- ABENSUR, E. O. Um modelo multiobjetivo de otimização aplicado ao processo de orçamento de capital. **Gestão & Produção**, São Carlos, SP, v. 19, n. 4, p. 747-758, out./dez. 2012.
- ASSAF NETO, A. **Matemática Financeira e Suas Aplicações**. 12. ed. São Paulo: Atlas. 2012.
- ASSAF NETO, A. Os métodos quantitativos de análise de investimentos. **Caderno de Estudos**, n. 6, p. 01-16, 1992.
- BARBIERI, J. C.; ÁLVARES, A. C. T.; MACHLINE, C. Taxa Interna de Retorno: controvérsias e interpretações. **Revista GEPROS**, Bauru, SP, v. 5, n. 4, p. 131-142, out./dez. 2007.
- BRASIL, Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: Relatório Pleno**. Brasília, DF: ANA, 2017.
- BRASIL, Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: Informe**. Brasília, DF: ANA, 2010.
- BRASIL, Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: Informe**. Brasília, DF: ANA, 2012.
- BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acesso em: 10 de mar. 2018.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Conselho Nacional de Recursos Hídricos-cnrh**. RESOLUÇÃO Nº 54, DE 28 DE NOVEMBRO DE 2005. Disponível em: <<http://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%2054.pdf>>. Acesso em: 23 de mar. 2018.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA**. RESOLUÇÃO Nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459> Acesso em:
- CAETANO JÚNIOR, M. B. A Importância do Planejamento Estratégico, Tático e Operacional no Gerenciamento de Projetos. **Revista Saber Eletrônico**, Jussara, PR, v. 2, n. 1, p. 10, Jan./mar. 2018.
- CARR, G., POTTER, R. B., NORTCLIFF, S. Water reuse for irrigation in Jordan: perceptions of water quality among farmers. **Agricultural Water Management**, Whiteknights, UK, v. 98, p. 847-854, jan. 2011.
- CARREIRA, M. L.; DOS SANTOS, R. C. R. Decisões de Investimento com o Auxílio dos Métodos Determinísticos. **Revista de Ciências Gerenciais**, Londrina – PR, v. 21, n. 34, p. 142-144, 2018.

COELHO, M. H.; COELHO, M. R. F. Potencialidades econômicas de florestas plantadas de *Pinus elliottii* em pequenas propriedades rurais. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, Curitiba, PR, n. 123, p. 257-278, jul./dez. 2012.

COSTA, D. E. **Arranjo de plantas, características agronômicas e produtividade de soja**. 2013. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.

CRUZ, J. A. W. et al. A Classificação dos Custos Fixos e Variáveis por Meio de Regressão Múltipla: Estudo de Caso em uma Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis de Curitiba-PR. **Pensar Contábil**, Rio de Janeiro, RJ, v. 13, n. 50, fev. 2011.

CUBA, R. DA S. **Cultivo hidropônico de alface com água de reúso**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015.

FONSECA, Y. D; BRUNI, A. L. Técnicas de avaliação de investimentos: uma breve revisão da literatura, 2010. Disponível em: http://www.infinitaweb.com.br/albruni/artigos/a0303_CAR_AvallInvest.pdf. Acesso em 03 jan. 2019.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Towards a water and food secure future: Critical Perspectives for Policy-makers**. Marseille, 2015.

FRANCO, C. et al. Soja convencional versus soja transgênica: Análise comparativa de custos de produção e rentabilidade na fazenda Missioneira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, XLIII, 2010. **Anais...** Campo Grande: SOBER. Campo Novo dos Parecis- MT. 2010. p.1-19.

FREZATTI, F. et al. Decisões de investimento em ativos de longo prazo nas empresas brasileiras: qual a aderência ao modelo teórico?. **RAC**, Rio de Janeiro, RJ, v. 16, n. 1, p. 1-22, jan./fev. 2012.

FRIEDRICH, J.; BRONDANI, G. Fluxo de caixa-sua importância e aplicação nas empresas. **Revista Eletrônica de contabilidade**, Santa Maria, RS, v. 2, n. 2, p. 135, jun./nov. 2005.

FURLANETO, F. D. P. B., ESPERANCINI, M. S. T., & AYROZA, D. Estudo da viabilidade econômica de projetos de implantação de piscicultura em viveiros escavados. **Informações Econômicas**, SP, v. 2, n. 39, p. 5-11, fev. 2009.

GOMES, R. E. **Aplicação de água residuária e deficiência hídrica em espécies de interesse agrônômico**. 2016. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2016.

GORDON, J. L.; FINLAYSON, C. M.; FALKENMARK, M. Managing water in agriculture for food production and other ecosystem services. **Agricultural Water Management**, v. 97, n. 4, p. 512-519, 2010.

HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, São Paulo, v. 7, n. 4, p. 75-95, out./dez. 2002.

Instituto de Economia Agrícola (IEA). Banco de Dados IEA. Disponível em:< <http://www.iea.agricultura.sp.gov.br/out/Bancodedaos2.html>>. Acesso em: 03 de mar. 2018.

LANNA, G. B. M.; REIS, R. P. Influência da mecanização da colheita na viabilidade econômico-financeira da cafeicultura no sul de Minas Gerais. **Coffee Science** Lavras, MG, v. 7, n. 2, p. 110-121, maio/ago. 2012.

LEITE, R. M. et al. Orçamento Empresarial: Levantamento da Produção Científica no período de 1995 a 2006. **Revista de Contabilidade & Finanças**. São Paulo, SP, v. 19, n. 47, p. 56-72, mai./ago., 2008.

MACÁRIO, M. et al. Leitões húmidos construídos como alternativa aos sistemas de tratamento de águas residuais convencionais—revisão. **Revista da UIIPS—Unidade de Investigação do Instituto Politécnico de Santarém**, v. 6, n. 3, p. 83-97, 2018.

MARKUS, O. **Circuitos elétricos: corrente contínua e corrente alternada, teoria e exercícios**. Editora Érica, 2011.

MELO, R. M. M. **Déficit hídrico aplicado em cultivares de feijão, nas fases vegetativa e reprodutiva, associado com o uso de água residuária**. 2017. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2017.

MENDONÇA, T. G. DE. et al. Avaliação da viabilidade econômica da produção de mamão em sistema convencional e de produção integrada de frutas (pif). **Revista econômica do nordeste**, v. 40, n. 1, p. 699-723, out./dez. 2009.

MINGHINI, I. **Avaliação qualitativa da água residuária de abatedouro de aves para fins de reuso em irrigação**. 2007. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 2007.

MOTA, F. S. B; VON SPERLING, M. **Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção**. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

OAIGEN, R. P.; BARCELLOS, J. O. J.; CHRISTOFARI, L. F.; et al. Custos de Produção de Terneiros de Corte: uma revisão. **Revista Veterinária em Foco**, Canoas, RS, v. 3, n. 2, p. 169 – 180, jan./jun. 2006.

OLIVEIRA, L. E.; **Manual de Utilização de Águas Residuárias em Irrigação**. Botucatu: Fepaf, 2012.

UN WWAP. **Relatório mundial das Nações Unidas sobre o desenvolvimento dos recursos hídricos, 2017: Águas residuais: o recurso inexplorado, resumo executivo**; 2017.

PINTO, A. A. G. et al. **Gestão de custos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2018.

PLETSCH, T. A. **Irrigação de milho por sulcos com efluente de esgoto doméstico tratado**. 2012. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

REBOUÇAS, A. **Uso inteligente da água**. São Paulo: Escrituras Editora, 2008.

REBOUÇAS, L. R. J. et al. Crescimento do feijão-caupi irrigado com água residuária de esgoto doméstico tratado. **Revista Caatinga**, Mossoró, RN, v. 23, n. 1, p. 97-102, mai. 2010.

ROSEGRANT, W. M.; RINGLER, C.; ZHU, T. Water for agriculture: maintaining food security under growing scarcity. **Annual review of Environment and resources**, Washington, VA, v. 34, n. 1, p. 205-222, jul. 2009.

SAMANEZ, C. P. **Gestão de investimentos e geração de valor**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

SÃO PAULO. (Estado). **Decreto nº 41.258 de 31 de outubro de 1996**. Regulamento da Outorga de Direitos de Uso dos Recursos Hídricos. São Paulo, 1996. Disponível em:

<http://www.dae.sp.gov.br/legislacao/arquivos/799/DECRETO_412581996.pdf>.

Acesso em: 29 de set. 2018.

SÃO PAULO. (Estado). **Decreto nº 50.667 de 30 de março de 2006**. Regulamenta dispositivos da Lei nº 12.183 de 29 de dezembro de 2005, que trata da cobrança pela utilização dos recursos hídricos do domínio do Estado de São Paulo, e dá providências correlatas. Disponível em:

<<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2006/decreto-50667-30.03.2006.html>>. Acesso em: 15 de jul. 2018.

SÃO PAULO. (Estado). **Decreto nº 51.449 de 29 de dezembro de 2006**. Aprova e fixa os valores a serem cobrados pela utilização dos recursos hídricos de domínio do Estado nas Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá – PCI. Disponível em:< <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2006/decreto-51449-29.12.2006.html>>. Acesso em: 30 de set. 2018.

SÃO PAULO. (Estado). **Decreto nº 55.008 de 10 de novembro de 2009**. Aprova e fixa os valores a serem aplicados na cobrança pelo uso dos recursos hídricos de domínio do Estado de São Paulo nas Bacias Hidrográficas dos Rios Sorocaba e Médio Tietê. Disponível em:

<<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2009/decreto-55008-10.11.2009.html>>. Acesso em: 02 de out. 2018.

SILVA, A. W. P. et al. Utilização de Técnicas de Orçamento de Capital Nas Concessionárias de Mossoró, RN. **Revista Gestão. Org**, Recife, PE, v. 14, n. 2, p. 413-421, dez. 2016.

SILVA, C. H. R. T. Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável no Brasil. In: Boletim do Legislativo n. 23. Brasília: Senado Federal, Consultoria Legislativa, 2012. Disponível em:< <https://www12.senado.leg.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/outras-publicacoes/temas-e-agendas-para-o-desenvolvimento->

sustentavel/recursos-hidricos-e-desenvolvimento-sustentavel-no-brasil>. Acesso em: 05 de nov. 2017.

SILVA, D. A. L. et al. Análise de viabilidade econômica de três sistemas produtivos de carvão vegetal por diferentes métodos. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 38, n. 1, p. 185-193, 2014.

SILVA, M. L.; FONTES, A. A. Discussão sobre os critérios de avaliação econômica: valor presente líquido (VPL), valor anual equivalente (VAE) e valor esperado da terra (VET). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 6, p. 931-936, nov/dez. 2005.

SOUSA, T. J. et al. Reúso de água residuária na produção de pimentão (*Capsicum annum* L.). **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 10, n. 1, p. 89-96, out. 2006.

TELLES, D. D.; COSTA, R. P. **Reúso da água**. 2 ed. Editora Edgard Blücher Ltda, 2010.

TRANI, P. E.; TRANI, A. L. Fertilizantes: cálculo de fórmulas comerciais. Campinas: Instituto Agronômico, Série Tecnologia APTA, 2011. 29p. (Boletim Técnico IAC, 208).

VAN DER HOEK, W. et al. **Urban wastewater: a valuable resource for agriculture: a case study from Haroonabad, Pakistan**: IWMI, 2002.

VICECONTI, P. E. V.; NEVES, S. **Contabilidade de custos**. 11. ed. São Paulo: Saraiva, 2013.

VICTORINO, A. J. C. **Planeta água morrendo de sede: uma visão analítica na metodologia do uso e abuso dos recursos hídricos**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.