VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE USINA SOLAR NO TRATAMENTO DA ETE BICAS
FEASIBILITY OF IMPLEMENTING A SOLAR POWER PLANT IN THE TREATMENT OF THE BICAS WWTP

Autor: Elison Carlos Carneiro 1
Orientador: Gustavo Schröder 2

RESUMO

Este trabalho analisa a aplicação de usinas solares fotovoltaicas em Estações de Tratamento de Efluentes (ETEs) como uma solução sustentável e eficiente para atender às demandas energéticas desses sistemas. As ETEs consomem grandes quantidades de energia elétrica para operar equipamentos essenciais, como sistemas de bombeamento e aeração. A utilização de painéis solares em áreas disponíveis nas instalações das ETEs se apresenta como uma alternativa viável para reduzir os custos operacionais e a dependência de fontes de energia não renováveis. A energia solar, por ser limpa e renovável, oferece vantagens ambientais relevantes, como a diminuição das emissões de gases de efeito estufa e a mitigação dos impactos ambientais associados ao tratamento de efluentes. Além disso, a implementação de sistemas fotovoltaicos contribui para a eficiência energética e para a sustentabilidade das ETEs, posicionando essas estações como referência em inovação tecnológica e responsabilidade ambiental. Este estudo busca demonstrar a viabilidade técnica e os benefícios econômicos e ambientais da integração da energia solar em ETEs. Essa abordagem destaca a importância de aliar tecnologia e sustentabilidade, oferecendo uma solução que contribui para o desenvolvimento de um futuro mais eficiente, sustentável e alinhado às demandas ambientais atuais.

Palavras-chave: Viabilidade. Energia Solar. Tratamento de efluentes. Sustentabilidade.

ABSTRACT

This study analyzes the application of photovoltaic solar power plants in Wastewater Treatment Plants (WWTPs) as a sustainable and efficient solution to meet the energy demands of these systems. WWTPs consume significant amounts of electricity to operate essential equipment, such as pumping and aeration systems. The use of solar panels in available areas within the WWTP facilities presents a viable alternative to reduce operational costs and dependence on non-renewable energy sources. Solar energy, being clean and renewable, offers significant environmental benefits, such as reducing greenhouse gas emissions and mitigating the environmental impacts associated with wastewater treatment. Furthermore, the implementation of photovoltaic systems contributes to energy efficiency and the sustainability of WWTPs, positioning these plants os benchmarks in technological innovation and environmental responsibility. This study aims to demonstrate the technical feasibility and economic and environmental benefits of integrating solar energy into WWTPs. This approach emphasizes the importance of combining technology and sustainability, providing a solution that contributes to the development of a more efficient and sustainable future, aligned with current environmental demands.

Keywords: Feasibility. Solar Energy. Effluent treatment. Sustainability.

Rede de Ensino Doctum – Unidade Don Orione – aluno.elison.carlos@doctum.edu.br– Graduando em Engenharia Elétrica
Rede de Ensino Doctum – Unidade Don Orione – luis.braga@doctum.edu.br

1. Introdução

A gestão eficiente de águas residuais é um desafio global que requer abordagens inovadoras e sustentáveis para garantir a preservação dos recursos hídricos e a proteção do meio ambiente. Nesse contexto, as Estações de Tratamento de Efluentes (ETEs) desempenham um papel crucial, sendo responsáveis pelo tratamento de efluentes industriais, domésticos e agrícolas antes de seu retorno aos corpos d'água naturais.

Imagem 01- ETE Piracicamirim
Fonte: https://tratamentodeagua.com.br/modernizacao-ete-piracicamirim-sp/

No entanto, as ETEs enfrentam diversos obstáculos que afetam sua eficiência operacional, seus custos e seu desempenho ambiental. Um dos principais desafios é o consumo significativo de energia elétrica necessário para operar os sistemas de tratamento, o que contribui para os altos custos operacionais e para a pegada de carbono das instalações.

Segundo Metcalf et al. (2016), há quatro formas de reduzir o consumo de energia associada ao sistema de aeração dos processos de lodos ativados: (I) realizar o controle da taxa de aeração de forma a coincidir com a demanda real e oxigênio; (II) utilizar sopradores eficientes e dimensionados adequadamente; (III) utilizar difusores com maior eficiência de transferência de oxigênio para o processo e (IV) controle de carga orgânica alimentada no reator biológico.

Além disso, as exigências regulatórias cada vez mais rigorosas e os padrões de descarga de efluentes mais restritos aumentam a pressão sobre as ETEs, que precisam encontrar maneiras de tratar os efluentes de forma eficaz, minimizando seu impacto ambiental.

Rede de Ensino Doctum – Unidade Don Orione – aluno.elison.carlos@doctum.edu.br– Graduando em Engenharia Elétrica
Rede de Ensino Doctum – Unidade Don Orione – luis.braga@doctum.edu.br

Diante desse cenário, surge a pergunta: como tornar as operações das ETEs mais eficientes, econômicas e ambientalmente sustentáveis? Uma possível resposta é a integração de usinas solares nas ETEs, aproveitando a energia solar para reduzir os custos operacionais e a dependência de fontes de energia convencionais, ao mesmo tempo em que se promove a sustentabilidade energética e se minimiza o impacto ambiental.

O objetivo geral desse estudo é analisar e avaliar a viabilidade e os desafios da implementação de uma usina solar no auxílio do tratamento de efluentes em estações de tratamento.

Os objetivos específicos incluem, escolher uma área analisar o potencial de geração de energia solar nessa determinada região, dimensionar um sistema solar, avaliar os custos de implementação, operação e destacar os benefícios ambientais associados à implementação desse projeto.

Este estudo é motivado pela necessidade urgente de explorar soluções inovadoras e sustentáveis para enfrentar os desafios enfrentados pelas ETEs. A integração de usinas solares surge como uma estratégia promissora para melhorar a eficiência energética, reduzir os custos operacionais e minimizar o impacto ambiental dessas instalações.

Além dos benefícios econômicos diretos, a implementação de usinas solares em ETEs também contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa, promovendo a sustentabilidade ambiental dessas operações. Isso não apenas beneficia o meio ambiente, mas também proporciona uma oportunidade para as ETEs liderarem a transição para uma economia de baixo carbono.

Portanto, este estudo visa fornecer uma análise abrangente da viabilidade e dos impactos da integração de usinas solares em ETEs, fornecendo insights valiosos para orientar políticas e práticas que promovam a eficiência energética e a sustentabilidade ambiental no tratamento de águas residuais.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção tem como objetivo fornecer um embasamento teórico sólido para a pesquisa, abordando os principais conceitos e teorias relacionados à integração de usinas solares em Estações de Tratamento de Efluentes (ETEs). A compreensão

Rede de Ensino Doctum – Unidade Don Orione – aluno.elison.carlos@doctum.edu.br– Graduando em Engenharia Elétrica
Rede de Ensino Doctum – Unidade Don Orione – luis.braga@doctum.edu.br

desses fundamentos é essencial para avaliar a viabilidade, os benefícios e os desafios dessa abordagem inovadora.

2.1 Definição e função das Estações de Tratamento de Efluentes

As Estações de Tratamento de Efluentes (ETEs) desempenham um papel crucial na preservação do meio ambiente e na promoção da saúde pública, lidando com o tratamento de águas residuais provenientes de diversas fontes, como residências, indústrias, hospitais e estabelecimentos comerciais. Esses efluentes contêm uma variedade de contaminantes, incluindo matéria orgânica, produtos químicos, metais pesados, nutrientes e micro organismos patogênicos, que podem representar sérios riscos para os ecossistemas aquáticos e para a saúde humana se forem descartados sem tratamento adequado.

A função principal das ETEs é remover ou reduzir significativamente esses poluentes, garantindo que a água tratada atenda aos padrões de qualidade estabelecidos pelas autoridades reguladoras antes de ser devolvida ao meio ambiente. Isso é essencial para evitar a contaminação de rios, lagos, aquíferos e oceanos, preservando a qualidade da água e protegendo os habitats aquáticos e a biodiversidade.

Além disso, as ETEs desempenham um papel importante na gestão sustentável dos recursos hídricos, pois permitem a recuperação de água limpa que pode ser reutilizada para diversos fins, como irrigação agrícola, lavagem de ruas, recarga de aquíferos e até mesmo para o abastecimento público, ajudando a conservar os recursos hídricos escassos.

Ao mesmo tempo, o tratamento de efluentes em ETEs também contribui para a redução do odor e da poluição visual associados aos corpos d'água contaminados, melhorando assim a qualidade de vida das comunidades próximas.

2.2 Processos de tratamento de águas residuais em ETEs

O processo de tratamento começa com o sistema preliminar, sendo o pré-tratamento, onde grades e peneiras retiram materiais sólidos grosseiros, como pedras, resíduos sólidos e detritos, evitando danos aos equipamentos subsequentes. Em seguida, o esgoto passa pelo tratamento primário, onde ocorre a separação de sólidos sedimentáveis por meio da decantação, formando lodo primário e escuma.

Rede de Ensino Doctum – Unidade Don Orione – aluno.elison.carlos@doctum.edu.br– Graduando em Engenharia Elétrica
Rede de Ensino Doctum – Unidade Don Orione – luis.braga@doctum.edu.br

O tratamento secundário é uma etapa biológica crucial, onde microrganismos aeróbicos decompõem a matéria orgânica dissolvida em compostos mais simples, em tanques de aeração. Esse processo promove a redução da carga orgânica e a purificação dos efluentes. Quando necessário, o tratamento terciário entra em ação, utilizando processos físico-químicos avançados para remover contaminantes específicos, como nutrientes e metais pesados.

Segundo VON SPERLING (1996) a base desse processo é que o material orgânico do esgoto sirva de alimento para os microrganismos fazendo com que a matéria orgânica seja convertida em gás carbônico, água e material celular. Essa decomposição biológica da matéria orgânica requer a presença e oxigênio como componente fundamental dos processos aeróbios. Há também o tratamento por processos anaeróbios em que não requer oxigênio para o tratamento. Por último o tratamento terciário objetiva a remoção de nutrientes, patogênicos, compostos não biodegradáveis, metais pesados, entre outros.

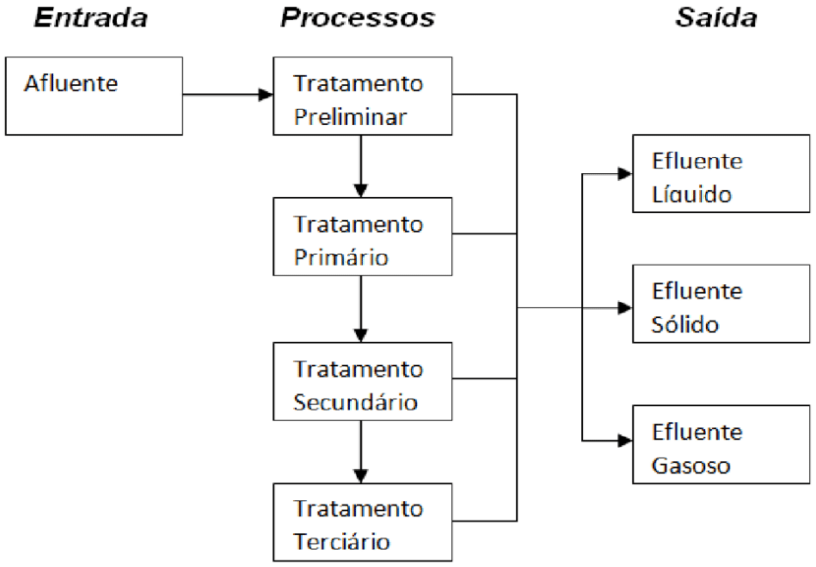
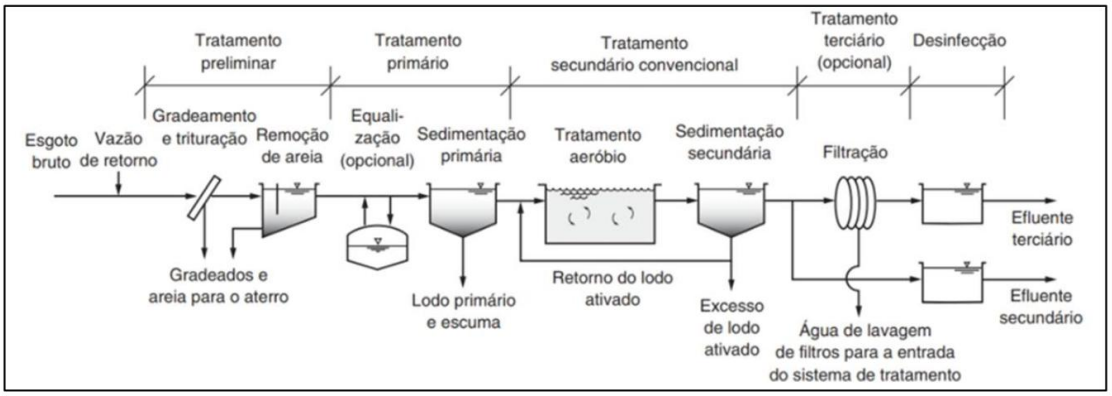


Imagem 02- Fluxograma do tratamento de uma ETE
Fonte: https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Fluxograma-de-uma-ETE_fig1_342178207

Para METCALF et al. (2016), tem-se quatro processos básicos no tratamento biológico convencional, os quais são ilustrados na Figura 1. A partir da Figura 1, pode-se observar que as partículas sólidas e a areia são retiradas no tratamento preliminar. O lodo primário é produzido na sedimentação primária e o lodo secundário é produzido no tratamento aeróbio secundário, em que há excesso de lodo ativado.

Rede de Ensino Doctum – Unidade Don Orione – aluno.elison.carlos@doctum.edu.br– Graduando em Engenharia Elétrica
Rede de Ensino Doctum – Unidade Don Orione – luis.braga@doctum.edu.br



Fonte: METCALF *et al.*, 2016.

Imagem 03- Tratamento biológico convencional

Segundo ANA (2017), os principais processos biológicos da etapa secundária para o tratamento de esgoto são: lagoas de estabilização, sistemas de lodo ativado e variantes, sistemas anaeróbios e sistemas aeróbios com leito fixo. Dentre esses processos, será apresentado o sistema de lodo ativado e variantes. Os sistemas de lodo ativado se dividem em: lodo ativado convencional, em bateladas ou com aeração prolongada. Esse sistema é mais utilizado em grandes cidades por serem mais compactos e produzem efluente de boa qualidade. É um sistema mais complexo de ser projetado, construído e operado, além de requerer uma grande quantidade de oxigênio para a degradação da matéria orgânica. O oxigênio necessário para o tratamento ocorre por meio de aeração artificial que consome uma grande quantidade de energia.

Por fim, a etapa de desinfecção garante a eliminação de microrganismos patogênicos, utilizando métodos como a cloração ou a radiação ultravioleta, garantindo a segurança dos efluentes antes de sua descarga no ambiente receptor.

Esses processos não apenas tratam os esgotos de forma eficiente, mas também promovem a sustentabilidade ambiental. A remoção de poluentes e contaminantes contribui para a preservação dos ecossistemas aquáticos e para a saúde pública, enquanto a utilização de tecnologias de tratamento avançadas minimiza o impacto ambiental das operações das ETEs.

Segundo Metcalf et al. (2016), em uma ETE cada processo tem uma parcela de instrumentos que são responsáveis pelo consumo de energia. As principais etapas do processo e os instrumentos existentes na estação são:

Rede de Ensino Doctum – Unidade Don Orione – aluno.elison.carlos@doctum.edu.br– Graduando em Engenharia Elétrica
Rede de Ensino Doctum – Unidade Don Orione – luis.braga@doctum.edu.br

- **Bombeamento e tratamento preliminar**: bombas dosadoras, bombas de transferência, peneiras, trituradores, sopradores para pré-aeração e caixas de areia aeradas, coletores de detritos, bombas de detritos;
- **Tratamento primário**: floculadores, raspadores de clarificadores, bombas de lodo e escuma, sopradores para canais de aeração;
- **Tratamento secundário (biológico)**: sopradores para aeração, aeradores mecânicos, bombas para filtros percoladores, acionamento de distribuidores de vazão em filtros percoladores, raspadores dos clarificadores, bombas para o retorno e o descarte de lodo.

2.3 Energia solar como fonte renovável

A energia solar é uma fonte de energia renovável que utiliza a luz do sol para gerar eletricidade ou calor. É uma das formas mais limpas e abundantes de energia disponíveis, e seu potencial é imenso, podendo ser aproveitado em praticamente todas as regiões do mundo. A tecnologia solar tem evoluído significativamente nas últimas décadas, tornando-se uma opção cada vez mais acessível, eficiente e economicamente viável para a produção de energia sustentável.

Imagem 04- Usina Solar

Fonte: https://ecomenergia.com.br/blog/energia-solar-saiba-escolher-o-melhor-lugar-para-instalacao/

A energia fotovoltaica se destaca dentro das tecnologias solares, convertendo a luz solar diretamente em eletricidade por meio de células fotovoltaicas. Essas células podem ser feitas de diferentes materiais, como silício monocristalino, silício policristalino e filmes finos, cada um com suas próprias vantagens em termos de custo, eficiência e aplicação. Além disso, existem sistemas de concentração fotovoltaica

(CPV), que utilizam lentes ou espelhos para concentrar a luz solar em células de alta eficiência.

O potencial da energia solar vai além da geração de eletricidade, representando uma oportunidade de reduzir a dependência de combustíveis fósseis, como carvão, petróleo e gás natural. Ao substituir essas fontes por energia solar, é possível reduzir drasticamente as emissões de gases de efeito estufa, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas. Isso ajuda a limitar o aquecimento global, evitando eventos climáticos extremos, aumento do nível do mar e perda de biodiversidade.

A adoção da energia solar também promove a independência energética, diminuindo a necessidade de importar energia de fontes voláteis, o que aumenta a segurança energética e ajuda a estabilizar os preços da energia a longo prazo. Além disso, o uso dessa tecnologia cria oportunidades de emprego local e impulsiona o desenvolvimento econômico em comunidades que implementam projetos solares.

Com todos esses benefícios, a energia solar surge como uma solução eficaz para enfrentar os desafios energéticos e ambientais atuais, promovendo um futuro mais sustentável e resiliente.

2.4 Integração de usinas solares em ETEs

A integração de usinas solares em Estações de Tratamento de Efluentes (ETEs) representa uma abordagem inovadora e sustentável, unindo a geração de energia limpa ao tratamento de águas residuais. Essa solução traz benefícios em várias dimensões.

Em termos econômicos, a adoção da energia solar permite às ETEs reduzir seus custos operacionais e sua dependência de fontes de energia convencionais, como a eletricidade da rede ou combustíveis fósseis. Além disso, a venda do excedente de energia pode gerar receitas adicionais, aumentando a viabilidade financeira do projeto.

Do ponto de vista ambiental, essa integração contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa e de outros poluentes. Além disso, o aproveitamento de áreas já existentes nas ETEs para a instalação dos painéis solares evita a conversão de novas áreas naturais, ajudando a preservar os ecossistemas locais.

Em termos sociais, a implantação de usinas solares pode criar novas oportunidades de emprego nas comunidades locais, principalmente nas etapas de instalação e manutenção dos sistemas. Isso impulsiona a economia regional e fortalece o vínculo da comunidade com práticas de sustentabilidade.

Assim, a integração de usinas solares em ETEs não só proporciona benefícios econômicos, mas também tem um impacto positivo no meio ambiente e nas comunidades locais. Ao combinar energia renovável com o tratamento de efluentes, essa abordagem oferece uma solução abrangente para enfrentar os desafios energéticos e ambientais atuais, contribuindo para um futuro mais limpo e sustentável.

2.5 Viabilidade e desafios da integração solar em ETEs

A integração da energia solar em Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) é uma estratégia que visa promover a sustentabilidade e reduzir custos operacionais. Para que isso seja viável, é necessário avaliar uma série de fatores técnicos, econômicos e regulatórios.

Um dos primeiros aspectos a considerar é o espaço disponível nas ETEs para a instalação dos painéis solares. Esses sistemas requerem áreas significativas, e locais como telhados de edificações administrativas, terrenos livres e até mesmo áreas sobre os tanques de tratamento podem ser aproveitados.

A viabilidade econômica também é um ponto crucial. O custo inicial de implementação pode ser elevado, mas precisa ser comparado com a economia gerada a longo prazo na redução dos custos de energia. Além disso, a obtenção de subsídios governamentais e incentivos fiscais pode tornar o projeto mais atrativo financeiramente.

Outro fator relevante é o clima. A eficiência dos painéis fotovoltaicos depende diretamente da incidência solar, que varia de acordo com a localização geográfica da estação. Regiões com maior radiação solar oferecem melhores condições para a geração de energia, e é necessário utilizar dados climáticos históricos para calcular a produção anual.

O perfil de consumo de energia das ETEs também deve ser analisado, já que esses sistemas possuem um consumo elevado e constante, especialmente em processos de aeração e bombeamento. O sistema de energia solar precisa ser dimensionado para atender a essa demanda de forma eficiente, com a possibilidade

Rede de Ensino Doctum – Unidade Don Orione – aluno.elison.carlos@doctum.edu.br– Graduando em Engenharia Elétrica
Rede de Ensino Doctum – Unidade Don Orione – luis.braga@doctum.edu.br

de incluir armazenamento para cobrir períodos de baixa geração, como à noite ou em dias nublados.

Em termos técnicos, a instalação dos painéis solares pode exigir adaptações na infraestrutura das ETEs, como o reforço de telhados ou a instalação de suportes adequados. Além disso, a integração com a rede elétrica deve ser cuidadosamente planejada para evitar problemas de sobrecarga ou incompatibilidade. A manutenção dos painéis também é essencial, já que a exposição a substâncias corrosivas e resíduos nas ETEs pode comprometer o desempenho dos equipamentos.

Do ponto de vista regulatório, o projeto deve cumprir diversas normas, incluindo licenças ambientais e regulamentações energéticas. A legislação sobre geração distribuída de energia, que permite a venda do excedente de eletricidade para a rede, também deve ser considerada, uma vez que pode tornar o projeto ainda mais viável financeiramente.

3. Metodologia

Esta seção descreve os métodos utilizados para avaliar a viabilidade e os desafios da integração de usinas solares em Estações de Tratamento de Efluentes (ETEs). A metodologia adotada visa fornecer uma análise abrangente e sistemática que permita compreender os aspectos técnicos, econômicos e ambientais envolvidos nesse processo. O estudo será dividido em cinco etapas principais: revisão bibliográfica, análise de viabilidade técnica, análise de viabilidade econômica, análise de impactos ambientais, e estudos de caso.

3.1 Tipo de Pesquisa

A pesquisa adota uma abordagem qualitativa, exploratória e descritiva, com o objetivo de compreender as complexidades envolvidas na integração de tecnologias de energia solar em Estações de Tratamento de Efluentes (ETEs). Esta abordagem foi escolhida devido à natureza inovadora e ainda pouco explorada do tema, que exige uma análise detalhada dos aspectos técnicos, operacionais e regulatórios específicos das ETEs.

A abordagem qualitativa permite um entendimento profundo das práticas e desafios relacionados à integração solar, capturando as percepções e experiências dos profissionais envolvidos. A natureza exploratória da pesquisa é adequada para investigar um campo emergente, onde as hipóteses ainda estão em formação,

Rede de Ensino Doctum – Unidade Don Orione – aluno.elison.carlos@doctum.edu.br– Graduando em Engenharia Elétrica
Rede de Ensino Doctum – Unidade Don Orione – luis.braga@doctum.edu.br

enquanto a abordagem descritiva visa mapear detalhadamente os processos e contextos envolvidos.

Essa metodologia é crucial para identificar as potencialidades e limitações da aplicação de tecnologias solares em ETEs, fornecendo insights valiosos para a implementação futura e a formulação de políticas públicas.

3.2 Estudo de Caso

Foi realizado um estudo de caso na Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) planejada para a cidade de Bicas, uma cidade localizada na zona da mata no estado de Minas Gerais. A cidade possui uma área territorial de 140,082 km² e uma população de cerca de 13.978 habitantes, apresenta uma densidade demográfica de 99,78 habitantes por km². A economia local é predominantemente agrícola, com um comércio ativo e uma forte ênfase na preservação ambiental (IBGE,2022).

A ETE de Bicas será construída em um terreno de 32.326,95 m², dos quais 10.495,00 m² serão destinados à construção das instalações da estação. A capacidade de tratamento da ETE é de 38,59 litros por segundo, projetada para atender eficientemente às necessidades da cidade.

O estudo de caso focou na análise dos processos operacionais da ETE, considerando os seguintes aspectos:

- **Sistemas de Tratamento**: Avaliação dos métodos de tratamento de efluentes que serão utilizados, desde o tratamento preliminar até o terciário.
- **Consumo de Energia**: Análise do consumo energético associado às diversas etapas do tratamento e identificação das principais fontes de demanda elétrica.
- **Instalação de Energia Solar**: Identificação de áreas adequadas no terreno da ETE para a instalação de painéis solares, com base nas condições climáticas e na infraestrutura existente.

Esse estudo visa proporcionar uma visão abrangente sobre a integração de tecnologias sustentáveis na ETE de Bicas, destacando a viabilidade e os benefícios potenciais da adoção de sistemas de energia solar no contexto do tratamento de efluentes.

3.3 Proposta de projeto

Rede de Ensino Doctum – Unidade Don Orione – aluno.elison.carlos@doctum.edu.br– Graduando em Engenharia Elétrica
Rede de Ensino Doctum – Unidade Don Orione – luis.braga@doctum.edu.br

Nesta etapa, apresentaremos o desenvolvimento e a proposta de um projeto detalhado para atender às necessidades energéticas da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) de Bicas. A ETE está em fase de planejamento e, portanto, a abordagem adotada será baseada em normas técnicas e diretrizes preestabelecidas, dado que a estação ainda não está em operação.

Imagem 05- Futura ETE Bicas
Fonte: https://ecosistemas.meioambiente.mg.gov.br/

3.4 Dimensionamento do Sistema

Neste dimensionamento, o objetivo é que o sistema fotovoltaico atenda 50% da demanda de energia da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE). Isso resultará em uma redução significativa dos custos com eletricidade e promoverá uma operação mais sustentável, ao utilizar energia solar, uma fonte limpa e renovável.

O sistema será responsável por suprir a demanda de duas partes essenciais do processo de tratamento de esgoto: o Tratamento Preliminar, que envolve equipamentos como grades, bombas e classificadores, e o Tratamento Terciário, responsável por processos de filtração e desinfecção

A integração com a rede elétrica garantirá o fornecimento da outra metade da energia necessária, enquanto um gerador servirá como backup em casos de emergências ou falhas no fornecimento.

3.5 Levantamento das Cargas Energéticas

Rede de Ensino Doctum – Unidade Don Orione – aluno.elison.carlos@doctum.edu.br– Graduando em Engenharia Elétrica
Rede de Ensino Doctum – Unidade Don Orione – luis.braga@doctum.edu.br

Para dimensionar corretamente o sistema de energia da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), começaremos com uma estimativa detalhada da quantidade de energia necessária para a operação de todos os processos envolvidos. Esta análise abrangerá o consumo de energia dos seguintes sistemas:

- **Sistemas de Bombeamento**: Essenciais para o transporte e tratamento dos efluentes.
- **Sistemas de Aeração**: Cruciais para os processos biológicos do tratamento secundário.
- **Tratamento Primário e Secundário**: Inclui processos como sedimentação, floculação e outros tratamentos que preparam o efluente.
- **Tratamento Terciário**: Responsável pela remoção de contaminantes específicos e pela desinfecção final do efluente.

Os dados serão coletados com base em características típicas de ETEs de tamanho e capacidade semelhantes e ajustados conforme necessário para a ETE de Bicas.

Como os equipamentos específicos ainda não foram definidos, adotamos uma abordagem de estimativa preliminar. Isso significa que estamos utilizando dados de referência e modelos comuns para equipamentos de tratamento de efluentes, como bombas, sopradores e aeradores. Com essas informações, podemos fazer uma estimativa inicial da carga elétrica total necessária para a ETE.

Processo	Equipamento	Potência (kW)	Eficiência	Fabricante/ Modelo	Descrição
Bombas Centrífugas Submersíveis	Bomba Centrífuga Submersível	20	Alta (IE3)	Flygt (Xylem) / NP 3153 SH	Bomba submersível eficiente, utilizada no bombeamento de esgoto, baixa manutenção e alta durabilidade
Sopradores de Ar (Aeração)	Soprador de Deslocamento positivo	30	Alta (IE3)	Kaeser / DBS Series	Soprador eficiente, ideal para sistemas de aeração contínua em estações de tratamento de esgoto
Aeradores	Aerador Mecânico Submersível	15	Alta (IE3)	Sulzer / OKI Aerator	Aerador submersível eficiente, amplamente utilizado em processos de lodo ativado e aeração biológica
Bombas de Recirculação de lodo	Bomba Centrífuga Submersível	10	Alta (IE3)	Sulzer / XFP PE1 – PE3	Bomba submersível eficiente para recirculação de lodo, com alta durabilidade e baixa necessidade de manutenção

Imagem 06- Tabela de equipamentos Tratamento ETE
Fonte: Autor

Rede de Ensino Doctum – Unidade Don Orione – aluno.elison.carlos@doctum.edu.br– Graduando em Engenharia Elétrica
Rede de Ensino Doctum – Unidade Don Orione – luis.braga@doctum.edu.br

Tabela de Consumo de Energia Elétrica mensal da ETE				
Equipamento	Potência (kW)	Horas de operação por dia	Dias de operação por mês	Consumo mensal (kWh)
Bombas de Efluente	20	24	30	14.400
Sopradores de Ar (Aeração)	30	24	30	21.600
Aeradores	15	24	30	10.800
Bombas de recirculação de lodo	10	24	30	7.200
Iluminação externa	2	12	30	720
Computadores e equipamentos de TI	1	8	22	176
Painéis de controle e automação	2	24	30	1.440
Sistemas de desinfecção UV	5	12	30	1.800
Outros equipamentos	3	24	30	2.160
Consumo Mensal (kWh)				60.296

Imagem 07- Tabela de Consumo de Energia Elétrica Mensal
Fonte: Autor

3.6 Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico

Este projeto tem como objetivo suprir aproximadamente 50% da demanda energética da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) através de um sistema fotovoltaico, que utiliza a energia solar como fonte renovável e sustentável. A análise inicial apontou que a ETE possui uma demanda energética diária de cerca de 1.005 kWh, resultando em uma necessidade mensal aproximada de 30.150 kWh para um período de 30 dias.

Para o dimensionamento do sistema fotovoltaico, foi utilizada a irradiância solar média da cidade de Bicas-MG, com dados fornecidos pelo Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (CRESESB), que fornece dados sobre o potencial solar local. Estes dados são fundamentais para atualizar a estimativa de produção de energia, garantindo que os módulos fotovoltaicos dimensionados sejam de acordo com as condições climáticas e a intensidade solar da região.

Rede de Ensino Doctum – Unidade Don Orione – aluno.elison.carlos@doctum.edu.br– Graduando em Engenharia Elétrica
Rede de Ensino Doctum – Unidade Don Orione – luis.braga@doctum.edu.br

Para simplificar a análise inicial, foi adotado o plano horizontal como referência para o projeto de irradiação solar, este método facilita uma estimativa preliminar da produção de energia, permitindo uma visão prática e fundamentada da geração média esperada. A opção pelo plano horizontal, ao simplificar o modelo inicial, permite otimizar o planejamento do sistema, proporcionando ajustes mais refinados na fase de execução, conforme os padrões de consumo da ETE.

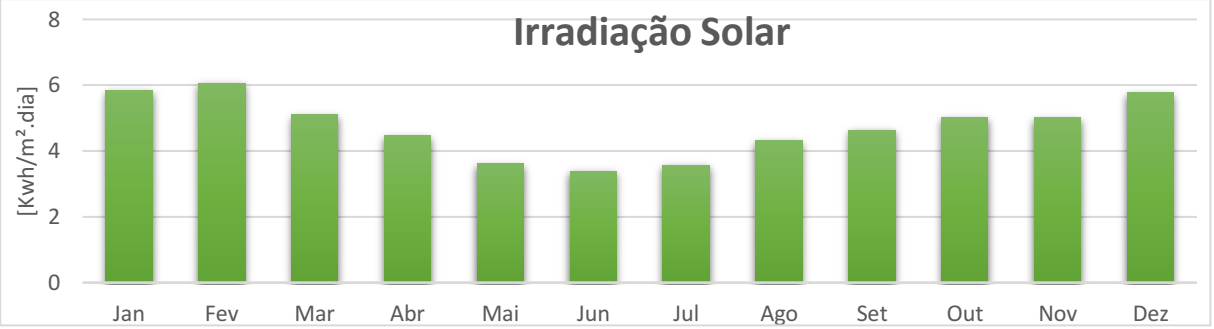


Imagem 08- Gráfico Irradiação Solar
Fonte: Autor

Após estudos de viabilidade, determinou-se a necessidade de aproximadamente 1.500 m² de área para a instalação de 514 módulos fotovoltaicos da marca Risen, modelo RSM120-8-585M, associados a dois inversores Goodwe, modelo Solis-75K-5G. A seleção desses componentes foi baseada em sua reconhecida confiabilidade e elevada eficiência. Os módulos Risen foram escolhidos por sua alta taxa de conversão energética, garantindo maior produção de energia por unidade de área, enquanto os inversores Solis, 75K-5G, são amplamente reconhecidos por sua durabilidade e capacidade de suportar operações em sistemas de grande porte, assegurando uma conversão estável e eficaz da energia gerada.

O sistema foi projetado para operar com uma eficiência global de 89%, considerando perdas típicas decorrentes da conversão de energia, degradação dos módulos ao longo do tempo e variabilidade climática. Com base nessas condições operacionais, a capacidade de geração foi estimada em aproximadamente 300,7 kWp, valor que representa a potência de pico necessária para atender a cerca de 50% da demanda energética da ETE.

A configuração proposta visa otimizar a eficiência energética do sistema, reduzindo significativamente os custos operacionais da ETE e promovendo práticas ambientais sustentáveis. A implementação do sistema fotovoltaico integra uma solução limpa e inovadora em um ambiente de alta demanda energética, evidenciando

Rede de Ensino Doctum – Unidade Don Orione – aluno.elison.carlos@doctum.edu.br– Graduando em Engenharia Elétrica
Rede de Ensino Doctum – Unidade Don Orione – luis.braga@doctum.edu.br

o compromisso com a sustentabilidade e a eficiência. Essa abordagem estratégica não só aprimora a autonomia energética da ETE, mas também posiciona o setor de saneamento como um aliado ativo na transição para matrizes energéticas mais limpas e sustentáveis.

Produção de energia elétrica				
Mês	Kwh/m². dia	Produção Diaria Kwh	Produção Mensal Kwh	Consumo mensal
Jan.	5,84	1.312,19	39.365,70	29.900,00
Fev.	6,06	1.361,62	40.848,60	30.900,00
Mar.	5,11	1.148,17	34.445,10	31.400,00
Abr.	4,47	1.004,37	30.131,10	28.900,00
Mai.	3,61	811,13	24.333,90	29.400,00
Jun.	3,38	759,45	22.783,50	32.400,00
Jul.	3,57	802,15	24.064,50	31.750,00
Ago.	4,32	970,66	29.119,80	30.880,00
Set.	4,63	1.040,32	31.209,60	30.358,00
Out.	5,02	1.127,95	33.838,50	31.165,00
Nov.	5,01	1.125,70	33.771,00	30.555,00
Dez.	5,77	1.296,46	38.893,80	30.000,00
Média	4,7325	1063,35	31.900,50	30.634,00

Imagem 09- Gráfico Produção de Energia da Usina
Fonte: Autor

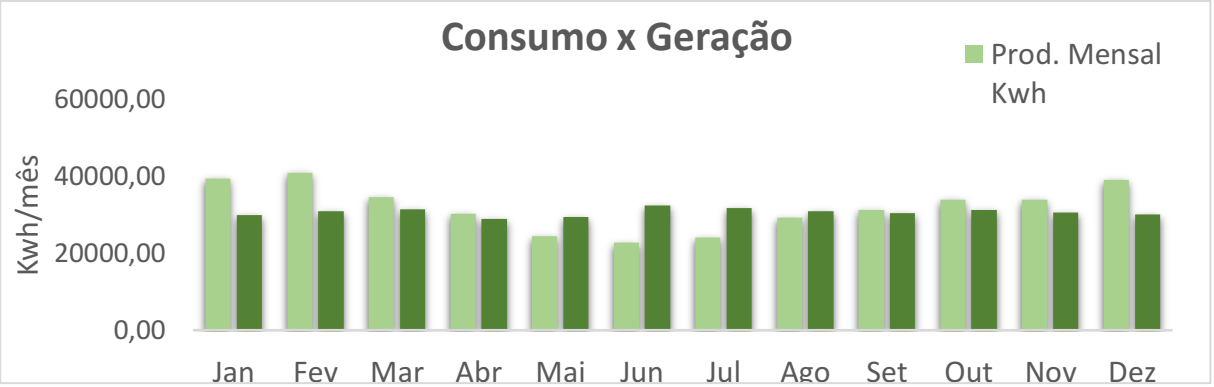


Imagem 10- Gráfico Consumo x Geração
Fonte: Autor

4. Análise do Tempo de Retorno do Investimento (Payback)

Para avaliar a previsão econômica da implementação de uma usina fotovoltaica destinada ao abastecimento parcial da demanda energética de uma Estação de

Rede de Ensino Doctum – Unidade Don Orione – aluno.elison.carlos@doctum.edu.br– Graduando em Engenharia Elétrica
Rede de Ensino Doctum – Unidade Don Orione – luis.braga@doctum.edu.br

Tratamento de Efluentes (ETE), realizou-se uma análise do tempo de retorno do investimento (playback). O objetivo deste cálculo é determinar em quantos anos a economia gerada pelo sistema será capaz de compensar o valor investido.

O custo total estimado da usina é de R$ 907.658,14, valor que inclui os módulos fotovoltaicos, inversores, estruturas de suporte, mão de obra, taxas de instalação e demais despesas associadas. Com base na geração de energia projetada, espera-se que o sistema forneça cerca de 50% da demanda energética da ETE. A economia mensal, que representa o valor que seria gasto na aquisição dessa energia junto com a entrega, é o principal indicador para o cálculo do tempo de retorno.

Componentes			
Kit Fotovoltaico			
Kit	300,69 Wp	R$	420.966,00
Montagem dos módulos		R$	77.100,00
Custos com material CA		R$	54.096,00
Dias para montagem		35	
Custos com deslocamento em JF		R$	16.600,00
Número de estacas		138	
Custos com concreto		R$	12.899,73
Mão de obra de alvenaria		R$	41.120,00
Outros gastos + Incluir seguro		R$	133.600,05
Total		R$	907.658,14

Imagem 11- Valores estimados construção Usina
Fonte: Autor

O payback é calculado dividindo-se o investimento inicial pela economia mensal proporcionada pelo sistema. Recebendo uma economia mensal de R$ 21.301,30, o sistema se pagaria em aproximadamente 3 anos e 10 meses. Após esse período, os benefícios financeiros continuarão a ser acumulados, uma vez que a usina fotovoltaica ainda estará em operação, com uma expectativa de vida útil de aproximadamente 25 anos.

Uma análise do tempo de retorno demonstra que o investimento em energia fotovoltaica é economicamente viável e sustentável, com um retorno do investimento

Rede de Ensino Doctum – Unidade Don Orione – aluno.elison.carlos@doctum.edu.br– Graduando em Engenharia Elétrica
Rede de Ensino Doctum – Unidade Don Orione – luis.braga@doctum.edu.br

em um período relativamente curto, considerando a vida útil do sistema. Além dos benefícios financeiros, a implementação do sistema fotovoltaico contribui para a redução da dependência de fontes de energia elétrica e para a redução das emissões de carbono associadas ao consumo de energia da ETE.

Imagem 12- Fluxo de caixa payback
Fonte: Autor

5. Resultados e Conclusões

A proposta de implantação de um sistema fotovoltaico na Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) tem como objetivo suprir cerca de 50% da energia total consumida pela unidade, o que corresponde a uma geração média de aproximadamente 15.000 kWh por mês. Essa iniciativa visa reduzir significativamente os custos operacionais da estação, diminuindo a dependência da rede elétrica convencional e proporcionando economia financeira de longo prazo.

O sistema foi dimensionado considerando as condições climáticas da região e a eficiência dos módulos fotovoltaicos selecionados. Foi levado em conta o processo natural de degradação dos painéis, que reduz sua capacidade de geração ao longo do tempo. No primeiro ano, o sistema deve gerar 382.805,26 kWh, enquanto, ao final de 25 anos, a geração prevista é de 319.528,99 kWh. Essa redução gradual, de aproximadamente 17%, foi contemplada no estudo para assegurar uma projeção precisa da eficiência ao longo da vida útil do sistema.

Além disso, os equipamentos escolhidos, como módulos de alta eficiência e inversores de qualidade, garantem um desempenho confiável mesmo diante de variações climáticas. A confiabilidade operacional é um dos pilares do projeto, minimizando o impacto de dias nublados ou outros fatores adversos.

Rede de Ensino Doctum – Unidade Don Orione – aluno.elison.carlos@doctum.edu.br– Graduando em Engenharia Elétrica
Rede de Ensino Doctum – Unidade Don Orione – luis.braga@doctum.edu.br

A análise econômica baseou-se em um horizonte de 25 anos, considerando o investimento inicial de R$ 907.658,14, custos operacionais anuais e o aumento projetado das tarifas de energia elétrica, que passaram de R$ 0,70/kWh no início do projeto para R$ 3,00/kWh no final do período. A economia gerada pelo sistema fotovoltaico no primeiro ano foi estimada em R$ 267.963,68, aumentando progressivamente para R$ 905.626,40 no vigésimo quinto ano, devido ao aumento das tarifas elétricas.

O fluxo de caixa e o cálculo do valor presente líquido (VPL) demonstraram a viabilidade econômica do projeto, com retorno do investimento previsto no quarto ano de operação. Ao final dos 25 anos, o valor presente acumulado do sistema alcança R$ 4.423.101,82, evidenciando o impacto financeiro positivo da instalação.

Do ponto de vista ambiental, a substituição parcial da energia proveniente de fontes convencionais por energia solar contribui para a redução das emissões de dióxido de carbono (CO_2). Esta iniciativa alinha a operação da ETE com metas globais de sustentabilidade e reforça seu compromisso com práticas ambientalmente responsáveis.

Além disso, a redução da dependência da rede elétrica ajuda a ETE a operar de forma mais autônoma, especialmente em cenários de instabilidade do fornecimento de energia. O sistema proposto contribui para uma matriz energética mais limpa e sustentável, promovendo a adoção de tecnologias renováveis no setor de saneamento.

A implantação deste projeto apresenta um exemplo prático da viabilidade técnica e econômica de sistemas fotovoltaicos em Estações de Tratamento de Efluentes. Ele serve como referência para outras unidades do setor, incentivando a adoção de soluções similares e contribuindo para a redução da pegada de carbono em nível regional.

O sistema fotovoltaico proposto para a ETE de Bicas-MG demonstra ser uma solução eficiente, sustentável e economicamente viável. A expectativa é que, com manutenção adequada e monitoramento contínuo, o sistema alcance ou até ultrapasse os objetivos de geração de energia e economia financeira previstos, consolidando-se como um modelo de inovação e responsabilidade ambiental no setor de saneamento.

Rede de Ensino Doctum – Unidade Don Orione – aluno.elison.carlos@doctum.edu.br– Graduando em Engenharia Elétrica
Rede de Ensino Doctum – Unidade Don Orione – luis.braga@doctum.edu.br

Escopo do projeto		
Módulos Fotovoltaicos	514	Unidades
Potência do projeto	300,69	kWp
Base de Consumo	R$ 30.634,00	kWh/mês
Geração estimada	R$ 31.900,50	kWh/mês
Área estimada	1.500	m²
Análise Financeira		
Valor conta de luz sem o sistema	Conta de luz anual com o Sistema mais custo operacional do sistema*	Economia anual
R$ 258.356,88	R$ 2.741,28	R$ 255.615,60
Investimento Proposto		
R$ 907.658,14		
Payback		
3 anos 10 meses		
Taxa Interna de Retorno (TIR)		
34,42%		
Valor Presente Líquido (VPL)		
R$ 4.828.823,09		

Imagem 12- Resumo análise financeira
Fonte: Autor

Rede de Ensino Doctum – Unidade Don Orione – aluno.elison.carlos@doctum.edu.br– Graduando em Engenharia Elétrica
Rede de Ensino Doctum – Unidade Don Orione – luis.braga@doctum.edu.br

6. Referências bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Atlas de Esgotos: Despoluição de Bacias Hidrográficas. Brasília: ANA, 2017.

Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. (2014). Micro e minigeração distribuída: sistema de compensação de energia elétrica. Brasília: ANEEL. Recuperado em 09 de novembro de 2019, de https://www2.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/caderno-tematico-microeminigeracao.pdf

Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica – ABSOLAR. (2022, 17 de novembro). Financiamentos. Recuperado em 14 de abril de 2019, de http://www.absolar.org.br/financiamento

Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito – CRESESB. Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL. (2018, 25 de janeiro). Potencial Solar. SunData v. 3.0. Recuperado em 09 de novembro de 2018, de http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata

https://ecomenergia.com.br/blog/energia-solar-saiba-escolher-o-melhor-lugar-para-instalacao/

https://ecosistemas.meioambiente.mg.gov.br/

METCALF, L.; EDDY, H. P, et. al.. Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos. 5 ed. Rio de Janeiro: McGraw Hill, 1984p. 2016

https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Fluxograma-de-uma-ETE_fig1_342178207

https://tratamentodeagua.com.br/modernizacao-ete-piracicamirim-sp/

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2º ed., UFMG, Belo Horizonte, 246p. 1996.