



UFBA

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA INDUSTRIAL - PEI

MESTRADO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL

ÉVELYN DOS SANTOS JARDIM ESTEVES

Gestão Ambiental com Enfoque nas Oportunidades
de Produção mais Limpa no Transporte e Armazenamento
de Granéis Sólidos no Porto de Aratu



SALVADOR
2023



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
INDUSTRIAL - MESTRADO**



ÉVELYN DOS SANTOS JARDIM ESTEVES

**GESTÃO AMBIENTAL COM ENFOQUE NAS OPORTUNIDADES DE
PRODUÇÃO MAIS LIMPA NO TRANSPORTE E ARMAZENAMENTO DE
GRANÉIS SÓLIDOS NO PORTO DE ARATU**

**SALVADOR
2023**

ÉVELYN DOS SANTOS JARDIM ESTEVES

**GESTÃO AMBIENTAL COM ENFOQUE NAS OPORTUNIDADES DE
PRODUÇÃO MAIS LIMPA NO TRANSPORTE E ARMAZENAMENTO DE
GRANÉIS SÓLIDOS NO PORTO DE ARATU**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial, da Escola Politécnica, da Universidade Federal da Bahia, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Industrial.

Orientadores: Prof. Dr. Ednildo Andrade Torres e Prof. Dr. Felipe Andrade Torres

SALVADOR
2023

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Universitário de Bibliotecas (SIBI/UFBA),
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

dos Santos Jardim Esteves, Évelyn

Gestão ambiental com enfoque nas oportunidades de
produção mais limpa no transporte e armazenamento de
granéis sólidos no Porto de Aratu / Évelyn dos Santos
Jardim Esteves. -- Salvador, 2023.

106 f. : il

Orientador: Ednildo Andrade Torres.

Coorientador: Felipe Andrade Torres.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Industrial) -- Universidade Federal da
Bahia, Escola Politécnica, 2023.

1. Produção mais Limpa. 2. Transportes e
movimentação de granéis sólidos. 3. Energia solar. 4.
Gestão Ambiental. 5. Sustentabilidade. I. Andrade
Torres, Ednildo. II. Andrade Torres, Felipe. III.
Título.

**GESTÃO AMBIENTAL COM ENFOQUE NAS OPORTUNIDADES DE PRODUÇÃO
MAIS LIMPA NO TRANSPORTE E ARMAZENAMENTO DE GRANÉIS SÓLIDOS
NO PORTO DE ARATU**

ÉVELYN DOS SANTOS JARDIM ESTEVES

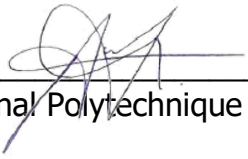
Dissertação submetida ao corpo docente do programa de pós-graduação em Engenharia Industrial da Universidade Federal da Bahia como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de mestre em Engenharia Industrial.

Examinada por:

Prof. Dr. Ednildo Andrade Torres 
Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Campinas, Brasil, 1999

Prof. Dr. Felipe Andrade Torres 
Doutor em Engenharia Industrial, pela Universidade Federal da Bahia, Brasil, 2021

Prof. Dr. Alex Álisson Bandeira Santos 
Doutor em Energia e Ambiente pela Universidade Federal da Bahia, Brasil, 2010

Prof. Dr. Andre Luiz Amarante Mesquita 
Doutor em Engenharia Mecânica pelo Institut National Polytechnique de Grenoble,
França, 1992

“O impossível é só questão de
opinião”¹

¹ Alexandre Magno Abrao / Thiago Raphael Castanho

Aos meus pais Adelsino e Fátima
Ao meu marido e incentivador Paulo Esteves
Com todo amor e carinho
Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por me abençoar todos os dias, dando-me forças na jornada da vida.

Aos meus pais, Adelsino e Fátima, só tenho a agradecer todo amor e confiança depositados no desafio que decidi assumir.

A minha irmã Érika, por estimular o meu crescimento acadêmico.

Ao meu marido Paulo Esteves, incentivador do meu crescimento, por todo amor, carinho e dedicação, por não me deixar desistir e acreditar no meu melhor.

Aos amigos agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para a minha formação acadêmica e a construção desta dissertação.

Aos meus orientadores Professor Dr Felipe e Professor Dr Ednildo, o meu muito obrigado pela confiança e parceria na construção deste trabalho

À Fundação de Amparo a Pesquisado Estado da Bahia - FAPESB e ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento - CNPq, pelo apoio financeiro na realização deste estudo.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

Este trabalho buscou identificar as oportunidades para implementar um programa de Produção Mais Limpa na área de armazenagem e carregamento de granéis sólidos no terminal portuário em Aratu, Bahia, que fica aproximadamente 50Km da capital do estado, por meio da avaliação de medidas de P2 e P+L e suas metodologias. A localização geográfica, o relevo e o clima do Estado da Bahia são favoráveis à geração de energia solar. Inicialmente foi realizado um estudo exploratório com o objetivo de avaliar o processo operacional e as possibilidades de melhoria na área. Verificou-se que a implantação do programa de Produção Mais Limpa (P+L) visa possibilitar menor consumo dos recursos naturais, ganhos operacionais, benefícios econômicos e maior competitividade para a empresa, além da melhora da imagem frente ao mercado relacionados à gestão e qualidade ambiental no setor portuário. Os principais resultados relacionados à mudança na tecnologia referem-se à velocidade e produtividade na operação, garantindo a segurança e integridade dos colaboradores envolvidos nas atividades de armazenamento e carregamento de granéis sólidos. Agrega-se ao diagnóstico realizado no Porto, a eficiência energética, associada à adequação dos processos, troca de equipamentos elétricos e aplicação de novos procedimentos. Foi identificado o potencial de geração de energia solar na região no qual a empresa está apresentando uma proposta de um sistema de geração distribuída solar fotovoltaica (GDFV), com o *payback* de um pouco mais de 2 anos para o projeto. Estes, aliados às boas práticas operacionais (BPO), visam promover as ações para minimizar o consumo de água potável no porto. Os resultados indicaram que através do estudo de viabilidade econômica deste projeto será possível uma economia de 12% no uso de água potável, com retorno estimado em 4 anos para o investimento. Indicou-se também, a recuperação de energia, com a instalação de bancos capacitores ligados ao sistema elétrico. Este trabalho revela que a implementação do programa de Produção Mais Limpa no terminal portuário de Aratu, Bahia, não só promove uma gestão ambiental mais eficiente, mas também oferece oportunidades significativas, incluindo a geração de energia solar, a economia de água potável e a recuperação de energia. Essas ações não apenas melhoram a competitividade da empresa, mas também fortalecem sua imagem no mercado, ao mesmo tempo em que contribuem para a preservação do meio ambiente.

Palavras-chave: Produção mais limpa; Energia solar; Gestão Ambiental; Energia e Sustentabilidade

ABSTRACT

This work sought to identify opportunities to implement a Cleaner Production program in the solid bulk storage and loading area at the port terminal in Aratu, Bahia, which is approximately 50 km from the state capital, by evaluating P2 and P+L measures and their methodologies. The geographical location, terrain, and climate of the state of Bahia are favorable to the generation of solar energy. Initially, an exploratory study was carried out to assess the operational process and the possibilities for improvement in the area. It was found that the implementation of the Cleaner Production (P+L) program aims to reduce the consumption of natural resources, provide operational gains, economic benefits, and greater competitiveness for the company, as well as improve its image in the market concerning environmental management and quality in the port sector. The main results related to the change in technology are speed and productivity in the operation, guaranteeing the safety and integrity of the employees involved in the storage and loading of solid bulk cargo. Added to the diagnosis carried out at the port is energy efficiency, associated with adapting processes, changing electrical equipment, and applying new procedures. The potential for solar energy generation in the region has been identified, and the company is presenting a proposal for a distributed solar photovoltaic generation system (GDFV), with a payback of just over two years for the project. These, combined with good operating practices (BPO), aim to promote actions to minimize drinking water consumption at the port. The results indicate that the economic feasibility study of this project will enable savings of 12% in the use of drinking water, with an estimated return on investment of 4 years. Energy recovery was also indicated, with the installation of capacitor banks connected to the electrical system. This work reveals that the implementation of the Cleaner Production program at the Aratu port terminal in Bahia not only promotes more efficient environmental management but also offers significant opportunities, including solar energy generation, potable water savings, and energy recovery. These actions not only improve the company's competitiveness but also strengthen its image in the market, while contributing to the preservation of the environment.

Keywords: Cleaner production; Solar energy; Environmental management; Energy and Sustainability

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Distribuição do sistema logístico brasileiro | 22 |
| Figura 2 – Representação de uma operação multimodal | 23 |
| Figura 3 - Movimentação no sistema portuário brasileiro 1º semestre de 2021 | 24 |
| Figura 4 – Diagrama de funcionamento do sistema de iluminação tubo solar | 27 |
| Figura 5 – Matriz por origem de combustível | 28 |
| Figura 6 – Potência (MW) por ano e origem de combustível | 29 |
| Figura 7 – Organograma mestre de ações para prevenção e controle da poluição .. | 36 |
| Figura 8 – Fluxograma de implantação de Produção mais Limpa – Metodologia UNIDO/UNEP..... | 37 |
| Figura 9 - Consumo total de água/energia predial | 39 |
| Figura 10 – Exemplo de gráfico de controle | 41 |
| Figura 11 - Representação de projeto de melhoria – Lean Six Sigma | 42 |
| Figura 12 - Planta de Localização – Áreas e instalações - Porto de Aratu-Candeias | 46 |
| Figura 13 – Representação das atividades da Empresa “K” no Porto de Aratu | 48 |
| Figura 14 - Passos para implementação de um Programa de P+L..... | 50 |
| Figura 15 – Fluxograma do processo de movimentação, armazenagem e transporte carga do material da empresa no Porto em Aratu..... | 51 |
| Figura 16 – Diagnóstico Ambiental do Processo movimentação, armazenagem e transporte carga do material da empresa no Porto em Aratu..... | 52 |
| Figura 17 - Gráfico EWMA do consumo de energia elétrica (kWh) na Empresa “K” entre 2017 e 2022 | 54 |
| Figura 18 - Gráfico de médias móveis (carta <i>X-bar one</i>) do consumo de energia elétrica (kWh) na Empresa “K” entre 2017 e 2022 | 57 |
| Figura 19 - Consumo energia elétrica (kWh) na Empresa “K” entre 2017 e 2022..... | 59 |
| Figura 20 - Gráfico EWMA do consumo de água (m ³) na Empresa “K” entre 2017 e 2022 | 61 |
| Figura 21 - Gráfico de médias móveis (carta <i>X-bar one</i>) do consumo de água (m ³) na Empresa “K” entre 2017 e 2022 | 64 |
| Figura 22 - Consumo água (m ³) entre os anos de 2017 e 2022..... | 66 |
| Figura 23 - Oportunidades de P2 e P+L avaliadas na Empresa “K”..... | 68 |
| Figura 24a e 24b - Locotrator..... | 69 |
| Figura 25 - Irradiação solar no plano inclinado (acima) e Irradiação solar diária média mensal (abaixo) em Candeias/BA [kWh/m ² .dia]..... | 70 |
| Figura 26 – Dados de irradiação solar na localização da Empresa “K”..... | 71 |
| Figura 27 - Dados do <i>payback</i> para Empresa “K” (COELBA) | 73 |
| Figura 28 - Dados do investimento em energia solar para Empresa “K” através da COELBA..... | 74 |
| Figura 29 – Coletor para armazenamento/aproveitamento da água do ar-condicionado na Empresa “K” | 75 |
| Figura 30 – Esquema ilustrativo do sistema captação e armazenagem água pluvial para a Empresa “K” | 76 |
| Figura 31 - Média das chuvas e da temperatura nos últimos anos na região metropolitana de Salvador | 78 |
| Figura 32 - Temperaturas ano e mês na RMS | 79 |
| Figura 33 - Somatório índice pluviométrico ano e mês na RMS..... | 79 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Instalações de Armazenagem da Empresa “K” no Porto de Aratu-Candeias | 47 |
| Tabela 2 - Consumo energia elétrica (kWh) entre os anos de 2017 e 2022 | 52 |
| Tabela 3 - Consumo água (m ³) entre os anos de 2017 e 2022..... | 60 |
| Tabela 4 – Consumo de energia elétrica (kWh) e valores despendidos pela Empresa “K” entre 2017 e 2022. | 72 |
| Tabela 5 - Materiais e serviços para implementação do projeto para captação e armazenagem da água da chuva | 76 |
| Tabela 6 - Dados de consumo, custo e economia do projeto para captação e armazenagem da água da chuva na Empresa “K” | 80 |
| Tabela 7 - Cálculo o VPL do projeto para captação e armazenagem da água da chuva na Empresa “K” | 80 |
| Tabela 8 - Consumo de água (m ³) e valores pagos pela Empresa “K” entre 2017 e 2022. | 82 |
| Tabela 9 – Avaliação e listagem por ordem de prioridade das opções geradas | 84 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica
ANTAQ - Agência Nacional de Transportes Aquaviários
ANTF - Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários
CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CNT - Confederação Nacional do Transporte
CNTL – Centro Nacional de Tecnologias Limpas
CODEBA - Companhia das Docas do Estado da Bahia
COELBA - Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia
CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito
EMBASA - Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A
EPA - *Environmental Protection Agency* - Agência de Proteção Ambiental
ESG - *Environmental, Social and Governance* - Governança ambiental, social e corporativa
GDFV - Geração distribuída solar fotovoltaica
GEE - Gases de efeito estufa
INMET - Instituto Nacional de Meteorologia
MMA - Ministério do Meio Ambiente
OCDE - Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico
ODS - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
P+L - Produção mais Limpa
P2 e P+L - Prevenção à Poluição e Produção Mais Limpa
PDZ - Plano de Desenvolvimento e Zoneamento dos Portos de Salvador e Aratu-Candeias
PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
SEP - Secretaria Especial de Portos
UNEP - *United Nations Environment Programme* - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
UNIDO - *United Nations Industrial Development Organization* - Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial

SUMÁRIO

| | |
|--|-----|
| 1. INTRODUÇÃO | 14 |
| 1.1 ESTRUTURA DO TRABALHO..... | 15 |
| 1.2 OBJETIVOS | 16 |
| 1.2.1 OBJETIVO GERAL..... | 16 |
| 1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 16 |
| 1.3 JUSTIFICATIVA | 17 |
| 1.4 LIMITAÇÕES DE INVESTIGAÇÃO..... | 19 |
| 2. METODOLOGIA | 20 |
| 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO DA LITERATURA | 21 |
| 3.1 O SISTEMA DE TRANSPORTE BRASILEIRO | 21 |
| 3.2 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA | 25 |
| 3.3 ILUMINAÇÃO TUBO SOLAR..... | 26 |
| 3.4 POTENCIAL SOLAR BRASILEIRO/NORDESTE - BAHIA..... | 28 |
| 3.6 PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL E GESTÃO AMBIENTAL NA INDÚSTRIA | 30 |
| 3.6.1 METODOLOGIA PARA IMPLEMENTAÇÃO DE UM PROGRAMA DE P2 E P+L 32 | |
| 3.6.1.1 GESTÃO E USO RACIONAL DOS RECURSOS EM ÁREAS INDUSTRIAIS..... | 38 |
| 3.6.2 QUALIDADE E PROJETOS DE MELHORIA | 40 |
| 3.6.3 GESTÃO DE CUSTOS OPERACIONAIS E AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTOS 43 | |
| 4. ESTUDO DE CASO | 45 |
| 4.1 DESCRIÇÃO DO PORTO DE ARATU..... | 45 |
| 4.2 A EMPRESA “K”..... | 46 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES | 49 |
| 5.1 ADEQUAÇÃO E USO DAS METODOLOGIAS DE GESTÃO AMBIENTAL COM ENFOQUE NAS OPORTUNIDADES DE P2 E P+L NO TERMINAL DE CARGAS DO TERMINAL PORTUÁRIO DE ARATU..... | 49 |
| 5.2 FATOR 10, ODS E ESG..... | 85 |
| 6. CONCLUSÕES | 87 |
| 6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS | 88 |
| REFERÊNCIAS..... | 89 |
| APÊNDICE A - O SINTER, UTILIZAÇÃO E IMPORTÂNCIA NA INDÚSTRIA | 97 |
| APÊNDICE B - CÓDIGO PARA CRIAÇÃO DO GRÁFICO EWMA CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA..... | 100 |

| | |
|--|-----|
| APÊNDICE C - QUARTIS DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA (KWH) NA EMPRESA "K" ENTRE 2017 E 2022..... | 101 |
| APÊNDICE D - CÓDIGO PARA CRIAÇÃO DO GRÁFICO DE VALORES INDIVIDUAIS (CARTA X-BAR ONE), CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA..... | 102 |
| APÊNDICE E - CÓDIGO PARA CRIAÇÃO DO GRÁFICO EWMA CONSUMO DE ÁGUA..... | 103 |
| APÊNDICE F - QUARTIS DO CONSUMO DE ÁGUA (M ³) NA EMPRESA "K" ENTRE 2017 E 2022..... | 104 |
| APÊNDICE G - CÓDIGO PARA CRIAÇÃO DO GRÁFICO DE VALORES INDIVIDUAIS (CARTA X-BAR ONE), CONSUMO DE ÁGUA..... | 105 |
| APÊNDICE H - CÁLCULO DA QUANTIDADE DE PAINÉIS SOLARES NECESSÁRIOS PARA A EMPRESA "K"..... | 106 |

1. INTRODUÇÃO

O termo desenvolvimento sustentável começou a ser utilizado em meados de 1980, a partir do pensamento e da necessidade do uso racional dos recursos disponíveis para que as futuras gerações apresentassem condições para garantir da sua sobrevivência, documentados no Relatório Brundtland, publicado em 1987. Neste mesmo período entravam em vigor algumas legislações ambientais, principalmente com relação às indústrias, surgindo as primeiras organizações especializadas em estudos de impacto ambiental e controle de poluição.

Apesar de serem essenciais para a vida humana, indústria e meio ambiente estão em constante disputa, pois os meios de produção causam grandes impactos nos recursos naturais que acabam repercutindo na fauna e flora (SAFE, 2020). As empresas têm se preocupado cada vez mais com o meio ambiente, buscando ações preventivas e de gerenciamento de seus recursos, de modo a minimizar os impactos gerados por seus processos produtivos. A Produção mais Limpa (P+L) é uma parte cada vez mais importante do planejamento, projeto, operação e gerenciamento em todos os setores industriais (Klemes, *et al.*, 2012).

A mudança para uma visão de sustentabilidade baseada nos três pilares da Ecoeficiência: ambiental, econômica e social. Deste modo, para que uma empresa ou um processo seja adotado como válido, ou seja, ser considerado como ambientalmente compatível, economicamente rentável e socialmente justo, isto implica na adoção de modelos de gestão que identifiquem as causas dos problemas ambientais. Sendo assim, a adoção destes modelos visa para evitar a necessidade de medidas de caráter corretivas, reduzindo os impactos provocados por estes no meio ambiente, possibilitando a definição de alternativas que sejam viáveis economicamente e que contribuam efetivamente para a melhoria da qualidade de vida na Terra (Sadler, 1994).

Para o transporte e comercialização de materiais produzidos pelas indústrias nacionais, ou mesmo a importação e exportação de produtos, um dos modais utilizados que vem ganhando destaque nos últimos anos é o marítimo. Cada vez mais, o sistema portuário brasileiro vem crescendo, modificando e se modernizando, sendo responsável por cerca de 90% das exportações do país, sendo assim um importante setor para a economia. (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2022). Os órgãos de regulação ambiental como a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ)

e Secretaria Especial de Portos (SEP), estabelecem as diretrizes para o funcionamento, fiscalização e cumprimento para que as atividades nos portos aconteçam sem prejuízo ao meio ambiente. Para Fahdi (2021) do ponto de vista da sustentabilidade, um porto deve gerenciar e equilibrar três linhas, ou seja: prosperidade econômica, bem-estar social e qualidade ambiental.

Através do P+L é possível promover a sustentabilidade e a eficiência dos processos produtivos, visando a redução do impacto ambiental e o uso mais eficiente dos recursos naturais. Minimizar a geração de resíduos, reduzir o consumo de recursos naturais, promover a ecoeficiência, estimular a inovação e a adoção de tecnologias limpas, melhorar a gestão ambiental, reduzir os impactos ambientais, estão entre os objetivos da metodologia. Segundo Silva (2013) a Produção mais Limpa, além de atuar como uma ferramenta para prevenção da poluição, tem gerado retorno financeiro às empresas.

Este trabalho visa identificar, por meio da avaliação de metodologias, estratégias e princípios de Prevenção à Poluição (P2) e Produção mais Limpa (P+L), oportunidades para implementar melhorias na área de carregamento, armazenamento e movimentação de carga no Porto de Aratu, incluindo mudanças nos padrões de operação dos equipamentos para aumentar a eficiência e aprimorar o processo.

1.1 ESTRUTURA DO TRABALHO

Além da Introdução, a dissertação contém 6 capítulos, sendo divididos de acordo com estrutura abaixo:

Capítulo 1: Apresenta uma abordagem geral da pesquisa, a estrutura do trabalho, os objetivos gerais e específicos a serem alcançados.

Capítulo 2: Apresenta a metodologia empregada e as etapas utilizadas para a coleta de informações, a delimitação da área de estudo que será a base para a elaboração da proposta de alteração nos padrões de funcionamento do equipamento e a justificativa ao tema escolhido.

Capítulo 3: Revisão da literatura sobre o material armazenado na área de Aratu, o sistema de logístico brasileiro, a utilização da energia solar. Uma abordagem de produção sustentável nas indústrias e implementação de programas de P2 e P+L

Capítulo 4: Apresenta o funcionamento da área de carregamento e armazenamento do Porto de Aratu, o funcionamento dos equipamentos e as operações envolvidas nesta atividade, bem como suas particularidades. as proposições para novos equipamentos, suas vantagens e o processo alinhadas as propostas de P2 e oportunidades para a operação com P+L.

Capítulo 5: As análises qualitativas e quantitativas e a proposta de novos padrões de funcionamento da área são demonstradas relacionadas a P2 e P+L. Também foi apresentado a análise acerca do Fator 10, ODS e ESG.

Capítulo 6: Finaliza a presente dissertação, mostrando as principais conclusões e apresentando as considerações finais deste estudo.

1.2 OBJETIVOS

A partir das informações apresentadas até o momento, esta dissertação se propõe a responder as seguintes questões:

- Qual a condição adequada para o carregamento no Porto de Aratu conforme os conceitos de sustentabilidade e quais princípios e estratégias de Prevenção a Poluição (P2) e Produção mais Limpa (P+L) podem ser utilizadas e influenciar para ganhos na operação?

Desta forma, estabeleceram-se os seguintes objetivos geral e específicos, conforme a seguir:

1.2.1 OBJETIVO GERAL

É caracterizar e avaliar o conceito da sustentabilidade no sistema logístico de granéis sólidos no Porto de Aratu, associado aos conceitos de P2 e P+L na identificação de implementação de melhorias de processos e redução de consumo de energia elétrica e água, promovendo menores impactos ao meio ambiente.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudo da metodologia e conceitos P2 e P+L e quais suas oportunidades de aplicação no transporte e armazenamento de granéis sólidos no Porto de Aratu;

- Identificar os aspectos ambientais associados ao sistema logístico
- Identificar as oportunidades de P2 e P+L na operação do sistema logístico, incluindo a avaliação do uso de energia elétrica e água durante a operação da unidade;
- Identificar as oportunidades de P2 e P+L relacionadas a produtividade do sistema logístico de granéis sólidos no Porto de Aratu
- Validação das oportunidades de P2 e P+L identificadas na Empresa “K”
- Avaliar cenários de melhoria do desempenho ambiental e energético do sistema de logística de transporte do Porto de Aratu.

1.3 JUSTIFICATIVA

O modal marítimo é um dos meios de transporte mais utilizados no comércio exterior mundial e brasileiro. Dentre as vantagens da utilização deste meio de transporte estão a quantidade de carga a ser transportada, menor custo de frete comparado a outros modais, além de percorrer longas distâncias para entrega de mercadorias a parceiros comerciais que não fazem fronteira terrestre.

Uma logística integrada bem formulada e utilizada corretamente, emprega todos os recursos de uma empresa de forma correta e sem exageros. Nesse sentido, há a necessidade de uma sólida estrutura de colaboração horizontal dentro da rede da cadeia de suprimentos para facilitar a colaboração entre a logística de transporte e o planejamento da cadeia de suprimentos (Abideen, 2023). O planejamento e a coordenação envolvem atividades que agregam valor e estão relacionadas aos objetivos estratégicos, as limitações de capacidade, as necessidades logísticas, o posicionamento de estoque, as necessidades de fabricação e suprimentos, e as projeções futuras da empresa.

O fluxo dos materiais compreende o gerenciamento operacional, ou seja, cabe a ele a movimentação e armazenagem de materiais e produtos acabados. Suas operações estão organizadas em: distribuição física do material, que é a responsável pela movimentação e entrega dos produtos acabados ao cliente; a manufatura, que

gerencia o estoque de matérias-primas; e os suprimentos que vai desde a compra até a organização da movimentação de materiais até os depósitos.

As melhores alternativas possíveis para minimizar impactos ambientais e sociais, ao longo de todo o ciclo de vida de bens e serviços é o que pode ser definido como produção sustentável. Acredita-se que esta abordagem reduz os impactos ambientais, minimizando riscos à saúde humana, gerando assim efeitos econômicos e sociais positivos, de forma a atuar mais como prevenção que mitigação (MMA, 2022).

Neste cenário, os portos brasileiros buscam cada vez mais se modernizar, adequando-se às inovações tecnológicas exigidas pelo mercado, para garantir da qualidade, segurança e competitividade na prestação de serviços. Nos últimos anos, segundo ANTAQ (2020), houve uma das maiores movimentações de cargas nos portos brasileiros, totalizando cerca de 753 milhões de toneladas movimentadas. Destas, compreendem 60,6% de granéis sólidos, 24,8% de granéis líquidos e 14,6% de carga geral, esta última abrangendo carga solta e contêineres. Essa relação percentual entre os três tipos de carga tem sido mantida nos últimos anos, com os granéis sólidos liderando a lista e ocupando em média 60% das movimentações portuárias que ocorrem nos portos brasileiros. Entretanto, a atividade portuária apresenta potencial poluidor, afetando os ambientes marinhos e terrestres próximos a sua área (Santos, 2016)

Em 2012, a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ) instituiu o Índice de Desempenho Ambiental (IDA) para o acompanhamento e controle de gestão ambiental em instalações portuárias, de modo a avaliar por meio de indicadores, a eficiência e a qualidade da gestão ambiental nestes espaços.

Desta forma, este trabalho tem como foco a movimentação e armazenagem de cargas no Porto de Aratu e tem como justificativa principal, propostas de P+L na unidade. A partir da análise inicial, objetiva-se propor alterações nos padrões de funcionamento e consumo de energia elétrica e água, a partir das análises efetuadas no local e os conceitos de sustentabilidade, a fim de evitar ou reduzir consumo de recursos.

1.4 LIMITAÇÕES DE INVESTIGAÇÃO

O presente trabalho avaliou o fluxograma do processo logístico, proporcionando uma visão abrangente e qualitativa do fluxo de matéria-prima, água e energia elétrica. A análise permitiu a identificação e visualização clara do processo, consolidando-se como uma ferramenta essencial para a obtenção de dados fundamentais na formulação de estratégias para a minimização de resíduos, efluentes e emissões.

Devido à natureza sensível das informações e dados envolvidos, este trabalho foi elaborado com base em análises consolidadas do consumo de água e energia elétrica entre os anos de 2017 e 2022, garantindo a confidencialidade das operações da empresa objeto de estudo. O compromisso com a privacidade e sigilo de informações foi reforçado pela submissão do trabalho ao comitê de ética da empresa, que analisou e autorizou a liberação das informações necessárias para a condução do estudo.

Ressalta-se que a limitação da análise aos dados de consumo de água e energia elétrica não comprometeu a integridade e a profundidade das conclusões alcançadas. Além disso, este trabalho estabelece uma base para pesquisas futuras, sugerindo pontos de atenção para estudos subsequentes relacionados às fases P2 (Prevenção da Poluição) e P+L (Produção Mais Limpa), visando a contínua melhoria do desempenho ambiental e sustentabilidade do processo produtivo para a empresa deste estudo.

A metodologia aplicada e os resultados obtidos neste trabalho podem contribuir para a compreensão holística dos impactos ambientais associados ao processo, fornecendo informações valiosas que podem orientar a implementação de práticas mais sustentáveis e eficientes.

2. METODOLOGIA

A presente dissertação, quanto à metodologia, pode ser categorizada como uma pesquisa descritiva e exploratória, aplicada ao setor de movimentação, transporte, recepção, armazenagem e expedição do produto no Porto de Aratu, com análise de dados e aplicada em relação à proposição da alteração dos padrões de funcionamento no armazém, visando gestão ambiental e oportunidade de melhoria em relação ao consumo de energia elétrica e água.

Inicialmente, foi realizada uma revisão da literatura, para auxiliar na construção do referencial teórico, permitindo a compreensão da problemática e a fundamentação da pesquisa, englobando base de dados científicos e dados estatísticos do Ministério do Meio Ambiente (MMA), Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), Secretaria Especial de Portos (SEP), Companhia das Docas do Estado da Bahia (CODEBA) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE), dentre outros e outras documentações e normativas que se fizerem necessário, para amparar a pesquisa e identificar as oportunidades de P+L na operação do sistema logístico portuário.

Para a construção deste trabalho, foram realizadas análises quanto a movimentação, transporte, armazenamento de carga e as oportunidades e princípios de P2 e P+L para que pudessem ser implementadas nas operações portuárias a partir dos conceitos dos Manuais técnicos CETESB (2002) e CNTL (2003).

Foram realizadas visitas técnicas ao terminal de carga no Porto de Aratu, localizado no município de Candeias/BA, sendo realizadas entrevistas técnicas para identificar parâmetros para esta avaliação.

A coleta dos dados e análises, relacionados ao consumo de energia elétrica e água foi realizada utilizando informações do sistema operacional fornecido pela Empresa "K", compreendendo o período de 2017 a 2022. Dados estes oferecidos pelas concessionárias fornecedoras de energia elétrica (COELBA) e de água e esgoto (EMBASA). O controle estatístico do processo foi utilizado para determinar a variabilidade do processo e análise estatística dos dados, através do *software* R. As variáveis controláveis foram a corrente/energia elétrica do sistema

Foram utilizados os dados de índice de irradiação solar do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito (CRESESB), para avaliação do potencial energético da região. Dados referente as das novas matrizes para a geração

de energia elétrica da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) também foram utilizados.

Desse modo, houve o estudo dos princípios, oportunidades e estratégias da aplicação dos conceitos de P2 e P+L no Porto de Aratu, observados no processo de carregamento, nos equipamentos utilizados, na emissão de particulados, no tempo de carregamento, nos resíduos gerados durante a operação com o intuito de avaliar as oportunidades e estratégias de P2 e P+L neste processo. A partir das informações coletadas foi possível avaliar os aspectos ambientais e os impactos potenciais (positivos e negativos) ao longo da movimentação, transporte, recepção, armazenagem e expedição do produto do local no intuito avaliar o consumo de energético do sistema.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo reúne uma breve fundamentação dos principais conceitos abordados como tema deste trabalho. Além disso, apresenta uma revisão de alguns trabalhos, pesquisas e discussões de sobre a logística do material movimentado no Porto de Aratu, bem como a cadeia de suprimentos brasileira. Aborda também sobre o uso de energia solar e o potencial brasileiro, além de metodologias para implementação de um Programa de P+L no âmbito empresarial e industrial.

3.1 O SISTEMA DE TRANSPORTE BRASILEIRO

O sistema de transporte brasileiro é fortemente dependente do modal rodoviário, o qual é utilizado principalmente para conectar regiões próximas. Embora esse modal ofereça vantagens, como entregas porta a porta e agilidade em curtas e médias distâncias, os fretes podem ser mais altos em trajetos de longa distância, além de estar sujeito às condições precárias das estradas brasileiras.

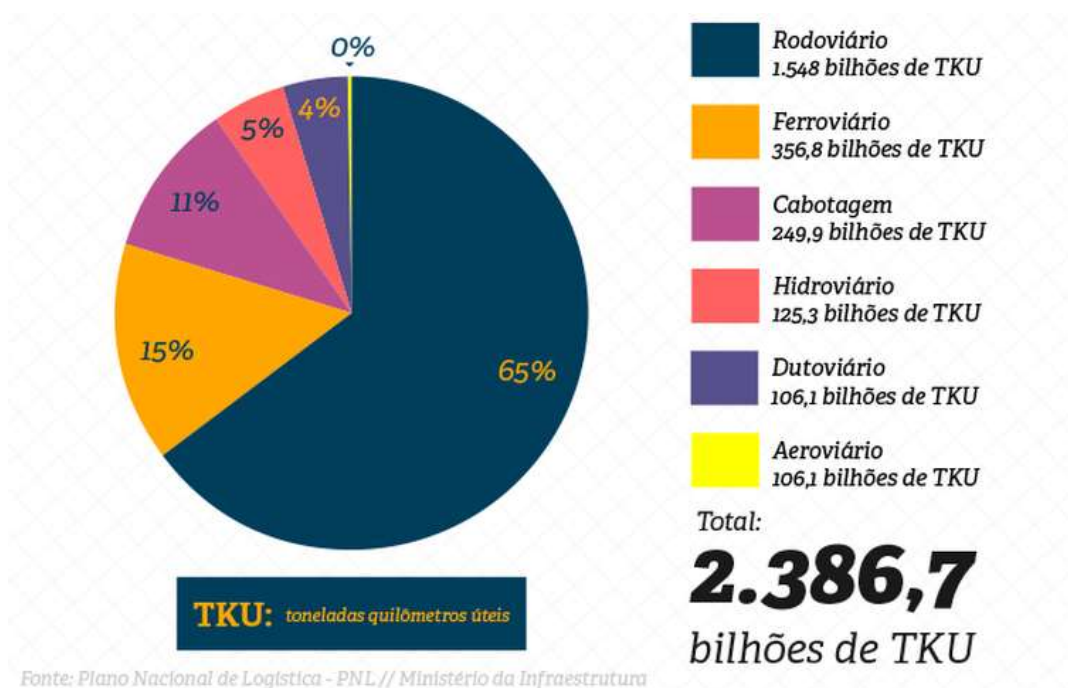
Por outro lado, o modal ferroviário é subutilizado no Brasil, apesar de possuir alta capacidade de carga e eficiência energética. Comumente utilizado para transportar grandes quantidades de carga em longas distâncias, ele poderia ser uma alternativa mais econômica em relação ao transporte rodoviário. Entretanto, a malha

ferroviária brasileira é consideravelmente pequena em comparação com outros países, apresentando baixa densidade e limitações de rotas (ANTF, 2022).

No âmbito do transporte marítimo, este se destaca como o meio mais importante para o comércio internacional do Brasil, sendo responsável por quase 75% do transporte de mercadorias do país (CNT, 2020). No entanto, o transporte fluvial enfrenta desafios em períodos de seca, e ambos os modais requerem transbordo nos portos, o que pode implicar em custos e limitações de velocidade de transporte (Murakami, 2014).

A Figura 1 mostra a distribuição do sistema logístico brasileiro como o panorama de movimentação de cargas no Brasil, segundo a Agência Nacional de Transportes Terrestres do Ministério da Infraestrutura (2020):

Figura 1 - Distribuição do sistema logístico brasileiro



O transporte intermodal é realizado por mais de um operador logístico, utilizando mais de um modal para levar a carga do ponto de origem até o destino (BRASIL, 2021). Na multimodalidade, existe a lançamento de apenas um documento de transporte cobrindo o trajeto total da carga, do seu ponto inicial (origem do embarque) ao seu ponto de destino (desembarque), ficando o operador multimodal responsável por todo o transporte (Ribeiro e Boente, 2014). A Figura 2 representa uma operação multimodal.

Figura 2 – Representação de uma operação multimodal



Fonte: Adaptado Ribeiro e Boente (2014)

O cenário portuário em todo o mundo também foi alterado com a Segunda Guerra Mundial. Neste período, houve mudança no perfil das cargas transportadas, produção de navios graneleiros para fins determinado de maiores dimensões e potência, além do surgimento também dos navios contêineres. Houve a intensificação do comércio internacional que exigia resposta do mercado portuário brasileiro para que este se mantivesse em condições de competitividade econômica (Santos, 2008).

Já nos anos 90, com a reforma portuária e a criação da Lei da Modernização dos Portos - Lei nº 8630/93, o governo passou o controle dos portos às administrações portuárias estaduais e às Companhias Docas.

O construído e aparelhado para atender às necessidades da navegação, da movimentação de passageiros ou da movimentação e armazenagem de mercadorias, concedido ou explorado pela União, cujo tráfego e operações portuárias estejam sob a jurisdição de uma autoridade portuária (BRASIL, 1993).

Com a Lei, as operações de importação e exportação se tornaram mais produtivas, houve redução nos custos dos processos operacionais e de pessoal, o que gerou vantagem competitiva, atratividade investimentos da iniciativa privada e credibilidade ao setor. Segundo Remencová (2021) o nível constante de aumento gradual de custos, a concorrência e as novas tendências tornaram os portos mais focados no uso de novas tecnologias, criando vários conceitos e processos com foco em operação mais eficiente, segura e rápida, inovação tecnológica e satisfação geral dos usuários do serviço.

Criada em 2001, a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ) é a autarquia responsável pela regulamentação, supervisão e fiscalização das atividades de prestação de serviços de transportes aquaviários e da exploração da infraestrutura. Segundo a ANTAQ (2022), a infraestrutura pública portuária e aquaviária não tem

acompanhado a movimentação recorde de cargas (sejam materiais acabados ou matérias-primas), principalmente por falta de investimento do poder público. Dados da categoria mostram que o setor portuário brasileiro (portos organizados + terminais autorizados e arrendados) movimentou 591,9 milhões de toneladas no primeiro semestre de 2021, representando um crescimento de 9,4% em relação ao mesmo período de 2020. Em relação ao perfil de carga, houve crescimento da movimentação de granel sólido, granel líquido, contêineres e carga geral solta, como mostra a Figura 3. O minério de ferro foi a carga mais movimentada no primeiro semestre de 2021 com 171,8 milhões de toneladas. O petróleo logo em seguida, com 97,2 milhões de toneladas movimentadas. Soja, contêineres e derivados de petróleo também se destacaram (ANTAQ, 2022).

Figura 3 - Movimentação no sistema portuário brasileiro 1º semestre de 2021



Fonte: ANTAQ (2022)

Em 2013, foi criada a Lei nº 12.815/2013 - Lei dos Portos que modernizou a gestão de contratos no setor, estabelecendo medidas para incentivar a melhoria da infraestrutura e a gestão portuária, com o fomento a investimentos privados no setor, visando a redução de custos e o aumento da eficiência, além de propor a retomada da capacidade do planejamento portuário, com a reorganização institucional e a integração logística entre modais (SEP, 2021).

O sistema de transporte brasileiro é amplamente dominado pelo transporte rodoviário, enquanto os modais ferroviário e hidroviário (marítimo e fluvial) têm um potencial subutilizado. O transporte marítimo se destaca como a principal opção para o comércio internacional, mas todos os modais possuem suas particularidades e

desafios a serem superados para melhorar a eficiência e a competitividade do transporte no país.

3.2 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Grande parte da energia consumida atualmente no setor industrial provém de fontes não renováveis, como o petróleo, gás natural e carvão. Estas ao serem utilizadas, contribuem para a formação de gases de efeito estufa (GEE), que por sua vez poluem a atmosfera e contribuem para o aquecimento global.

A energia solar transforma a energia do Sol em eletricidade ou aquecimento. O aproveitamento da energia gerada pelo Sol, inesgotável na escala terrestre de tempo, tanto como fonte de calor quanto de luz, é hoje, sem sombra de dúvidas, uma das alternativas energéticas mais promissoras para enfrentarmos os desafios do novo milênio (CRESESB, 2022).

Os primeiros estudos datam do final do século XIX, quando estudiosos perceberam através de fenômenos físicos que era possível a conversão da luz em energia elétrica. Já no século XX houve o desenvolvimento da tecnologia dos semicondutores, tornando possível o crescimento da indústria fotovoltaica em diversos setores (Zilles, 2012).

A energia solar fotovoltaica é obtida através da conversão da radiação solar em eletricidade por intermédio de materiais semicondutores. Os módulos solares fotovoltaicos fabricadas a base de silício (Si), podendo ser constituída de cristais monocristalinos, policristalinos ou de silício amorfo. Quando a luz solar atinge uma célula fotovoltaica, ela produz uma pequena corrente elétrica. Essa corrente é recolhida por fios ligados à célula, e transferida para os demais componentes do sistema, sendo assim, quanto mais células fotovoltaicas são ligadas em série ou em paralelo, maior a corrente e tensão produzidas (Pereira, *et al.*, 2017).

O uso da energia solar como fonte alternativa para a geração de energia tem sido cada vez mais utilizada inclusive como forma de reduzir os custos operacionais dentro das empresas. Constantemente ao aumento na adoção de energia solar, destacam-se também o desenvolvimento de novas tecnologias, a formação de novas empresas e o avanço do setor de energia (Soto, 2022). Segundo Mukisa (2021), para que as tecnologias de energia renovável se beneficiem do mercado de tecnologia de

energia e se tornem competitivas com as tecnologias convencionais, o envolvimento e o apoio do governo são cruciais.

Um dos fatores que impossibilitava a utilização da energia solar fotovoltaica em larga escala era o alto custo das células fotovoltaicas. As primeiras células foram produzidas com o custo de US\$600/W para o programa espacial. Com a ampliação dos mercados e várias empresas voltadas para a produção de células fotovoltaicas, o preço tem reduzido ao longo dos anos podendo ser encontrado hoje, para grandes escalas, o custo médio de US\$ 8,00/W (CRESESB, 2022).

O Brasil ocupa a 9ª posição no ranking mundial da fonte solar fotovoltaica, segundo dados da Agência Internacional de Energias Renováveis (IRENA) e o levantamento realizado pela Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR, 2021), Quadro 1.

Quadro 1 – Ranking mundial de capacidade instalada solar fotovoltaica em 2020

| Posição | País | Potência Instalada em 2020 (MW) |
|----------------|---------------|--|
| 1º | China | 48,2 |
| 2º | EUA | 19,2 |
| 3º | Vietnã | 11,1 |
| 4º | Japão | 8,2 |
| 5º | Alemanha | 4,9 |
| 6º | Índia | 4,4 |
| 7º | Austrália | 4,1 |
| 8º | Coreia do Sul | 4,1 |
| 9º | Brasil | 3,1 |
| 10º | Holanda | 3,0 |

Fonte: ABSOLAR, a partir de dados da IEA PVPS, 2021.

Dados da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) e da Secretaria do Desenvolvimento Econômico (SDE), mostram que a Bahia foi responsável por aproximadamente 31% da geração de energia solar do país em no primeiro semestre de 2022.

3.3 ILUMINAÇÃO TUBO SOLAR

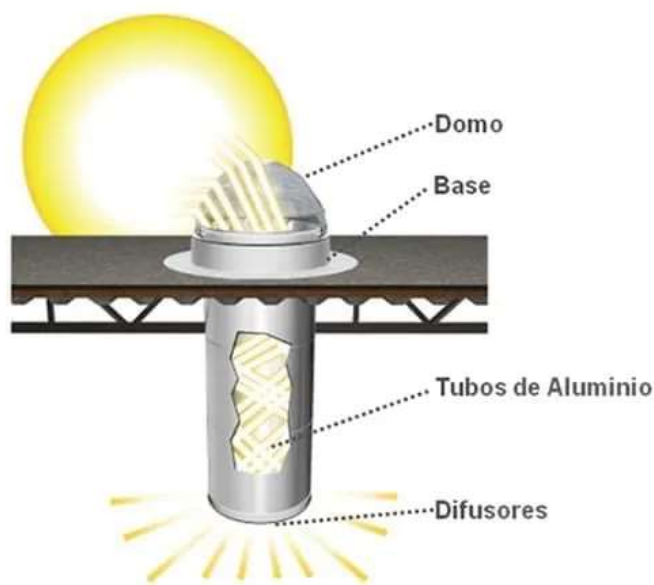
Para Garcia-Fernandez (2022), é essencial garantir uma qualidade ambiental interna adequada, seguindo parâmetros bem regulamentados e práticas de projeto

que considerem características térmicas, de iluminação, limpeza, ventilação e qualidade do ar, entre outras.

A iluminação tubo solar foi desenvolvida no final do século XX. O sistema funciona através da captação, transferência, difusão ou distribuição. O sistema de iluminação natural tubular pode ser aplicado em residências, estabelecimentos comerciais, galpões industriais e logísticos.

A captação ocorre meio de uma cúpula formada por um prisma de otimização e recepção da luz solar nas diferentes horas do dia e angulações do sol sobre o equipamento. A transferência consiste na aplicação de uma película interna no duto de alumínio, permitindo levar para aos ambientes internos até 99,7% da iluminação captada, direcionada de modo homogêneo até o ponto de difusão. O tubo pode ser estendido por até 15 metros, sem perda de luz, Figura 4. Dependendo do modelo, um único equipamento ilumina uma área de até 46 m² (Solatube, 2022). Através das lentes que compõem a parte de difusão ou distribuição é possível realizar o estudo luminotécnico do local. Assim, é possível prever a intensidade de luminosidade que o equipamento dará a cada ambiente,

Figura 4 – Diagrama de funcionamento do sistema de iluminação tubo solar



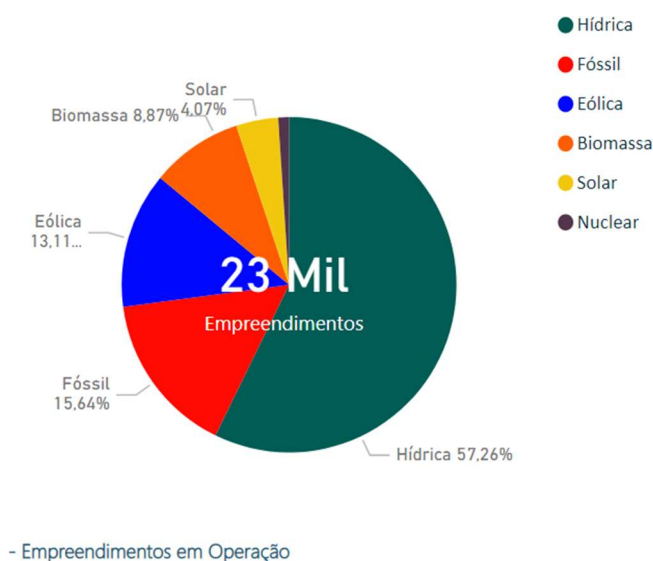
Fonte: Solatube (2022)

3.4 POTENCIAL SOLAR BRASILEIRO/NORDESTE - BAHIA

O conhecimento sobre o potencial do recurso solar incidente na superfície é essencial, mas não suficiente para impulsionar o uso dessa fonte de energia. A variabilidade do recurso solar tem impactos em aspectos técnicos de qualidade e de segurança do sistema elétrico. Assim, além do potencial disponível, informações confiáveis sobre a variabilidade do recurso solar são imprescindíveis para dar suporte ao desenvolvimento de projetos para aproveitamento dessa fonte de energia (Pereira, *et al.*, 2017).

Segundo dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2022), 83% da energia atual consumida no Brasil é gerada por fontes sustentáveis, como mostra a Figura 5.

Figura 5 – Matriz por origem de combustível



Fonte: SIGA ANEEL (2022)

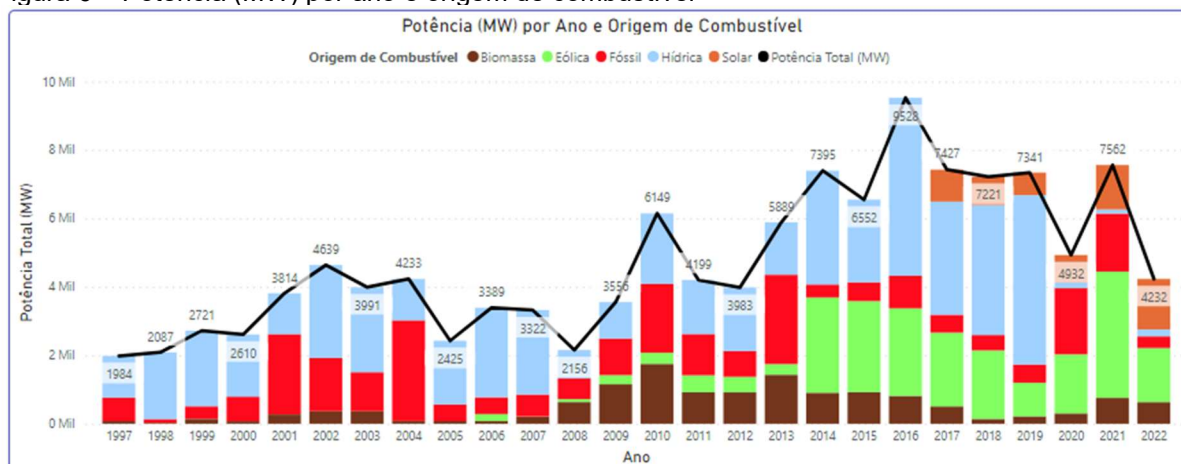
O Nordeste brasileiro apresenta os maiores índices de radiação solar do país, o que o torna um local de grande potencial para a produção de energia por meio dos raios solares. Apresenta também maior estabilidade na produção de energia solar ao longo de todo ano em todas as estações do ano (Pereira, *et al.*, 2017).

Para Rosa (2016) a energia solar ganha destaque em indicações de fontes de energia para diversificação da matriz energética no país, principalmente pelo potencial existente pouco aproveitado, porém as políticas públicas para disseminação da fonte poderiam auxiliar na diversificação da matriz energética.

A Geração Distribuída (GD) consiste no segmento em que a energia é gerada pelos consumidores, próxima ou no próprio local de consumo. Após a Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012, houve a busca por informações sobre a geração da energia por parte do consumidor, pois a normativa indica que o usuário pode gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis ou cogeração qualificada e inclusive fornecer o excedente para a rede de distribuição de sua localidade. O território brasileiro alcançou a marca de 500 mil unidades consumidoras de geração distribuída fotovoltaica (GDFV). Segundo a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR), somando as fontes eólica, térmica, hidráulica e solar, o país conta com mais de 511 mil UCs (Portalsolar, 2022).

A Figura 6 mostra que nas últimas décadas a origem de geração de energia no país tem sido por fontes renováveis, como a energia eólica e a energia solar, cujas participações em 2021 representaram 49% e 17%, respectivamente, da potência total instalada.

Figura 6 – Potência (MW) por ano e origem de combustível



Fonte: SIGA ANEEL (2022)

A utilização de energias de fontes de matriz energética mais limpa contribui com menor impacto na natureza, reduz as perdas de energia elétrica, otimiza a rede de distribuição e conscientiza os consumidores para o consumo mais racional de energia (Cardoso, 2021).

3.6 PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL E GESTÃO AMBIENTAL NA INDÚSTRIA

Segundo Soluri (2015), o desenvolvimento sustentável consiste na capacidade de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer o atendimento das futuras gerações, ou seja, um processo que não esgote os recursos para o futuro.

Para Júnior (2021) a produção é toda atividade exercida em prol da fabricação e execução de um objeto e/ou serviço, bem como a produtividade diz respeito à capacidade de produzir mais, com a utilização de menos recursos possíveis, definidos por parâmetros importantes como capacidade de produção individual e coletiva, agilidade, e otimização de processos.

A degradação ambiental é, atualmente, uma das maiores preocupações mundiais, gerando discussões e inúmeras pesquisas científicas sobre a relação homem com o meio ambiente e suas consequências para o século XXI (Soluri, 2015). Segundo a Lei da Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938/1981) a degradação ambiental é uma alteração adversa do meio ambiente, estando, portanto, associada a processos, funções ou comportamentos ambientais que gerem deterioração da qualidade ambiental e a conseqüente degeneração do meio ambiente. Traz alterações físicas capazes de gerar prejuízos à saúde, à segurança, ao bem-estar das populações, às atividades sociais e econômicas, a biosfera e às condições estéticas ou sanitárias do meio.

O conceito de P+L surgiu no Brasil nas últimas décadas e pode ser resumido como uma série de estratégias, práticas e condutas econômicas, ambientais e técnicas, que evitam ou reduzem a emissão de poluentes no meio ambiente por meio de ações preventivas, ou seja, evitando a geração de poluentes ou criando alternativas para que estes sejam reutilizados ou reciclados. A Produção mais Limpa considera a variável ambiental em todos os níveis da empresa, como por exemplo, a compra de matérias-primas, a engenharia de produto, o design, o pós-venda, e relaciona as questões ambientais com ganhos econômicos para a empresa (CNTL, 2003)

De acordo com Sachs (2002), são propostas oito dimensões da sustentabilidade:

1. Social: Está relacionado com distribuição de renda, geração de emprego, qualidade de vida e igualdade no acesso aos recursos e serviços sociais.

2. Cultural: Refere-se à divulgação das tradições e dos valores regionais, valorizando as culturas tradicionais, o acesso a informação e ao conhecimento.
3. Ecológica: Refere-se ao uso dos recursos naturais não renováveis, reduzir o volume de resíduos e de poluição.
4. Ambiental: Está relacionado com respeitar e realçar a capacidade de autodepuração dos ecossistemas naturais.
5. Territorial: Está relacionado à melhoria do ambiente urbano, estratégias de desenvolvimento para algumas áreas ecológicas frágeis.
6. Económica: Realizada por alocação e gerenciamento eficiente dos recursos, investimentos públicos e privados, desenvolvimento económico integrado com a segurança alimentar, incentivo a pesquisa científica e tecnológica.
7. Política (Nacional): Baseada basicamente na democracia para a tomada de decisões.
8. Política (Internacional): Baseada no trabalho exercido pela Organização das Nações Unidas – ONU na busca pela paz e prevenindo de guerras.

O impacto ambiental é uma consequência das atitudes do homem. Alguns exemplos de impactos ambientais que podem ser relacionados às ações antrópicas encontram-se descritos no Quadro 2, bem como exemplos de controles existentes típicos e ações de gerenciamento para os aspectos ambientais.

Quadro 2 - Exemplos aspectos e impactos ambientais comumente encontrados nas rotinas de processos industriais e comerciais

| | ASPECTO | IMPACTO |
|-------------------------------|---|--|
| Emissões atmosféricas | Emissões de gases CO ₂ | Alteração da qualidade do ar/contribuição para o efeito estufa |
| Geração de efluentes líquidos | Efluentes contendo óleos, graxas, detergentes e solventes | Alteração da qualidade da água |
| Geração de resíduos sólidos | Resíduos orgânicos | Alteração da qualidade do solo |
| Odor | Geração de substâncias odoríferas | Incômodo à comunidade |

Fonte: Adaptado de Fragoso (2010)

Segundo Pereira (2020), as principais atividades e processos responsáveis pela degradação ambiental hídrica estão relacionados com a disposição inadequada do lixo e com o lançamento de dejetos por meio de esgotos não tratados.

Com o passar dos tempos a água vem se tornando indisponível em quantidade e qualidade, devido ao seu uso de forma intensa, poluição, desmatamento despejo sem prévio tratamento apropriado de esgotos sanitários, e\ ou efluentes líquidos e gasosos provenientes de diversas atividades humanas como as domésticas e industriais nos corpos hídricos (Santos, 2015).

Neste sentido, urge a busca por alternativas eficientes e de baixo custo, aliadas àquelas usadas atualmente e que possuem alto custo e tecnologia. Os estudos relacionados ao ganho de produtividade, assim como reutilização de recursos, são de grande valia, promovendo assim a utilização de recursos naturais. Políticas de incentivo à correta utilização dos recursos devem se tornar cada vez mais conhecidas, de modo a incentivar o uso consciente dos elementos da natureza, que são úteis à sociedade em geral.

Atualmente, nos novos modelos de negócios, a sustentabilidade vem ganhando importância na cadeia de suprimentos. Além das questões econômicas, nesta etapa do processo, as operações devem ser realizadas visando ações para preservar os recursos ambientais e sociais (Toktaş-Palut, 2021). Observa-se no Brasil um olhar diferenciado do setor produtivo e do governo em buscar soluções socialmente e ambientalmente responsáveis. Neste contexto, o conceito de economia verde é visto como uma oportunidade cada vez mais adotada no Brasil. Percebe-se também uma forte adesão da sociedade às práticas mais conscientes de consumo (Martins, 2019).

3.6.1 METODOLOGIA PARA IMPLEMENTAÇÃO DE UM PROGRAMA DE P2 E P+L

Segundo o Manual de Implementação de um Programa de Prevenção à Poluição da CETESB (2002) o comprometimento da direção da empresa é decisivo para o sucesso de um projeto. É também essencial que, todas as pessoas que não estejam diretamente envolvidas no planejamento e execução do programa, sejam sistematicamente informadas do seu andamento, para que possam assimilar todas as mudanças resultantes dessa implantação.

A sequência sugerida para o desenvolvimento do programa deve:

- a) Comprometimento da direção da empresa
- b) Definição da equipe de Prevenção à Poluição
- c) Elaboração da Declaração de Intenções
- d) Estabelecimento de prioridades objetivos e metas
- e) Elaboração cronograma de atividades
- f) Disseminação de informações sobre o Programa de Prevenção à Poluição
- g) Levantamento de dados
- h) Definição de indicadores de desempenho
- i) Identificação de oportunidades de Programa de Prevenção à Poluição
- j) Levantamento de tecnologias
- k) Avaliação econômica
- l) Seleção das medidas de Programa de Prevenção à Poluição
- m) Implementação das medidas de Programa de Prevenção à Poluição
- n) Avaliação dos resultados
- o) Manutenção do programa

Para Kiperstok, *et al.* (2002), os caminhos para a não geração de resíduos são vários: deve-se repensar as matérias-primas que utilizamos e rever os processos de fabricação, discutindo porque estes geram perdas de material e energia, e considerando se algumas dessas perdas, devidamente processadas, não seriam insumos para outros processos. Os profissionais que operam processos produtivos tendem a se enclausurar nos seus próprios métodos e paradigmas. Eles se aprofundam nas peculiaridades inerentes à tecnologia da produção e em torno dela circulam suas experiências.

A capacidade de uma organização de capitalizar suas capacidades inovadoras se desenvolve ao longo do tempo e depende em grande parte das práticas sustentáveis que a ela escolhe adotar (Dixit, 2021). Para Rocha (2010), a evolução permanente das práticas preventivas impõe uma discussão sobre a velocidade desejada para essa evolução e a real possibilidade de se conseguir reverter o processo de degradação ambiental apenas a partir da evolução tecnológica.

Silva (2013) apresentou uma metodologia inovadora para a Produção mais Limpa, aprimorada pela incorporação sistemática de ferramentas da qualidade. Essa abordagem visa superar desafios identificados em metodologias existentes de P+L, como a escassez de informações detalhadas, bem como a ausência de ferramentas e técnicas que permitam uma aplicação sistemática na busca pelos resultados

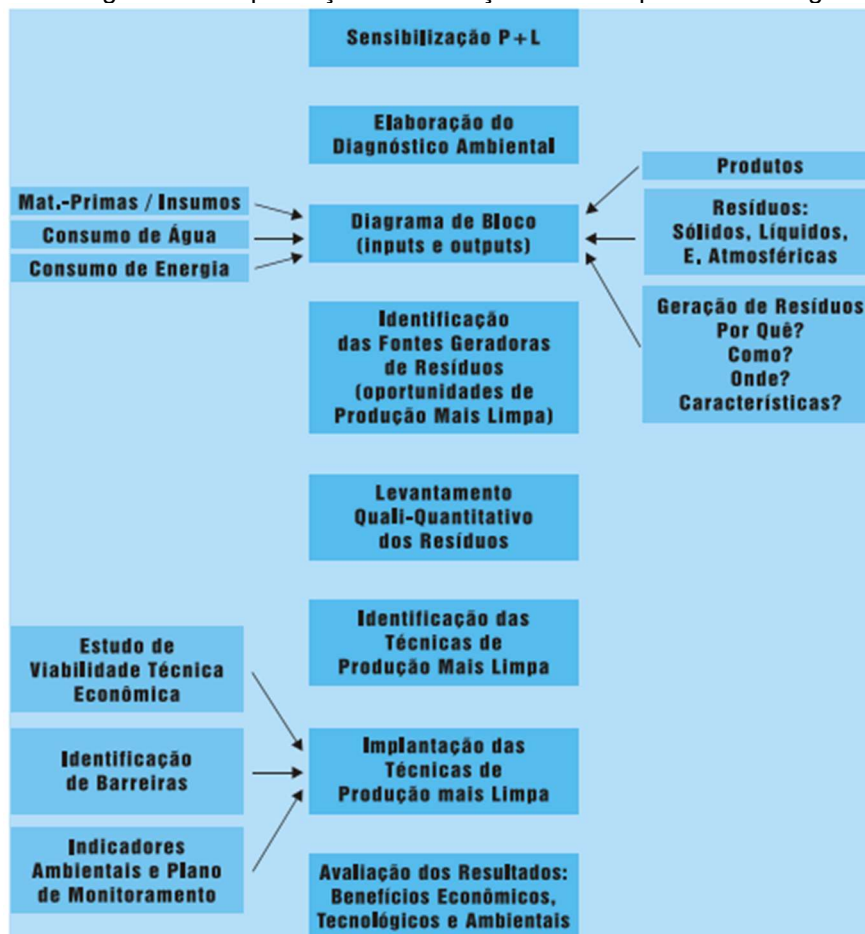
almejados. A exemplo, Silva (2013) e Stone (2006), mencionam que as estruturas dos programas de Produção mais Limpa devem ser baseadas no Ciclo de Deming ou Ciclo PDCA (*Plan* - planejar, *Do* - fazer, *Check* - verificar e *Action* - agir).

Minimizar resíduos e emissões, portanto, também significa aumentar o grau de utilização dos materiais e da energia usados para a produção (aumentando a eficiência ecológica) até que sua utilização garanta um procedimento livre de resíduos e emissões. Assim, para a empresa, a minimização de resíduos não é somente uma meta ambiental, mas, principalmente, um programa orientado para aumentar o grau de utilização dos materiais e, conseqüentemente, sua produtividade (Kiperstok, *et al.*, 2002).

Na Figura 7 são apresentadas as possibilidades de tecnologias e/ou atitudes, gerenciais e técnicas, organizadas, da esquerda para a direita, e de cima para baixo, segundo sua importância ou prioridade de aplicação, ordem que representa um indicativo para o levantamento de alternativas de intervenção, de forma a se procurar maior ecoeficiência.

A metodologia de P+L é o resultado de um esforço conjunto da UNIDO (sigla em inglês para Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial) e da UNEP (sigla em inglês para Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente), sobre gestão de resíduos e desperdícios energéticos e materiais (Kiperstok, *et al.*, 2002). A Figura 8 apresenta um fluxograma geral do processo de implantação de P+L:

Figura 8 – Fluxograma de implantação de Produção mais Limpa – Metodologia UNIDO/UNEP



Fonte: CNTL (2000)

De acordo com a UNEP (1994), Produção mais Limpa é caracterizada como a aplicação contínua de estratégias ambientais preventivas e integradas nos processos, produtos e serviços, visando aprimorar a eficiência global e diminuir os riscos para o ser humano e o meio ambiente.

A implementação da Produção mais Limpa nas organizações está condicionada à compreensão, participação e dedicação tanto da alta liderança quanto dos demais colaboradores em relação à dimensão ambiental do negócio e aos benefícios associados (Saturnino, 2010).

3.6.1.1 GESTÃO E USO RACIONAL DOS RECURSOS EM ÁREAS INDUSTRIAIS

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos - EPA estabelece que a adoção de simples mudanças nos hábitos voltados ao uso da água de forma mais eficiente resulta em economia de água e de dinheiro para pagar a conta (EPA, 2008).

No Brasil, o Plano Nacional de Combate ao Desperdício de Água - PNCDA conceitua a gestão da demanda da água como toda e qualquer medida que objetive o consumo final de água pelos usuários do sistema, sem prejuízo para a higiene e conforto proporcionado pelo sistema original (PNCDA, 2008).

Segundo Harrington (2006), existem 5 categorias de medidas para o gerenciamento da demanda da água e seus tipos de gerenciamento de acordo com o setor que a utiliza, conforme o Quadro 3.

Quadro 3 - Categorias de medidas para o gerenciamento da demanda de água

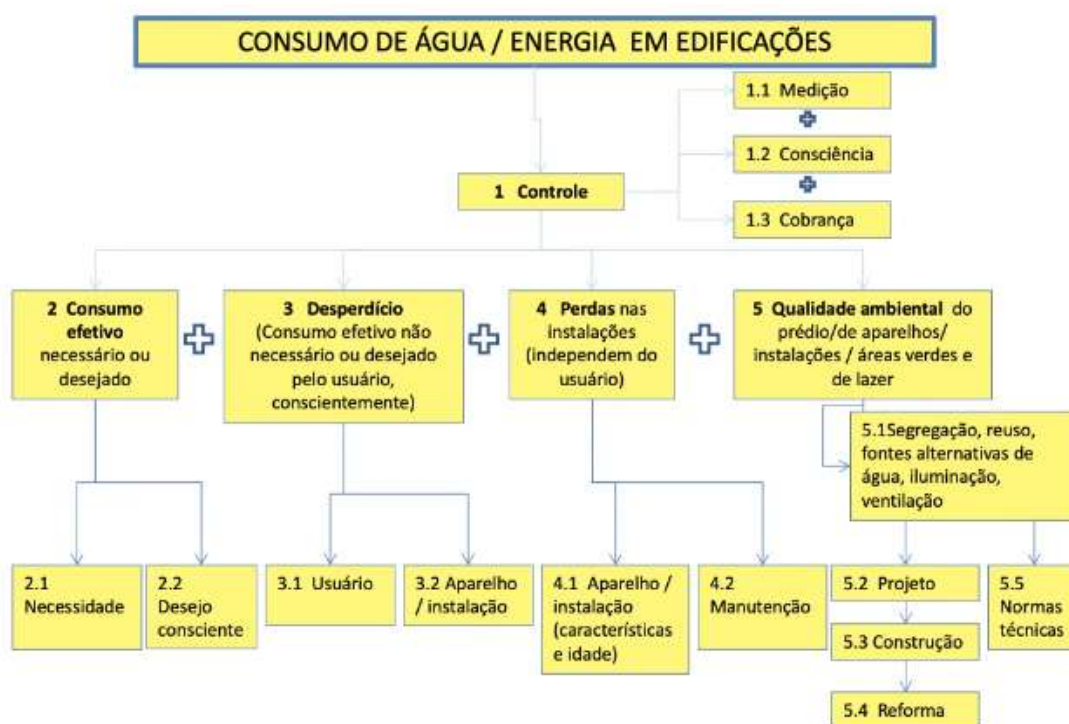
| Categorias | Controle operacional |
|--|--|
| Econômicas (ou baseadas em incentivos) | Níveis e estruturas de preços, subsídios, impostos e créditos fiscais, aplicação de preços anteriores, empréstimos bonificados, multas por não conformidade com o regulamento. |
| Educacional | Educação, informação, execução de campanhas, auditoria da água. |
| Reguladoras | Regulamento de uso e consumo, edifício, códigos de tubulações e paisagismo. |
| Restritivas | Racionamento, persuasão moral e usos voluntários para reduções do consumo. |
| Controle operacional | Pesquisa e correção de vazamentos, controle de pressão e controle de infiltração de esgotos. |

Fonte: Harrington (2006).

Para Santos (2010), o uso racional da água envolve indicadores de consumo e demanda de água, redução de perdas, sistemas e equipamentos economizadores, equipamentos hidráulicos de alta eficiência, adequação de processos e conscientização do usuário. Aborda que uma pesquisa sobre a conservação da água necessariamente implica o levantamento de fontes alternativas desse bem, aproveitamento de água de poços, aproveitamento de águas pluviais e o reuso de águas.

Kiperstok, *et al.* (2009), afirmam que seja qual for a tipologia da edificação, antes de se adotar qualquer ação que tenha como objetivo a implantação do uso racional de água, é necessário controlar o consumo de água do prédio, o que é feito considerando três fatores: a medição existente do consumo, a consciência e/ou a cobrança do consumidor. O consumo de água (e/ou de energia) predial decorre de uma série de aspectos que devem ser analisados visando à organização das ações para sua minimização, como mostra a Figura 9.

Figura 9 - Consumo total de água/energia predial



Fonte: Kiperstok, *et al.*, (2002)

De acordo a Norma técnica que trata do aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis — Requisitos (NBR 15527:2019) existe algumas condições e se aplica a usos não potáveis em que as águas de chuva podem ser utilizadas, por exemplo, descargas em bacias sanitárias e mictórios, irrigação para fins paisagísticos, lavagem de veículos e pisos e uso ornamental. Para o seu atendimento estão também as NBR 10844:1986 - Instalações prediais de águas pluviais e NBR 5626:2020 - Instalação predial de água fria.

Cada sistema predial hidráulico possui uma NBR específica, porém podem estar integrados a outros sistemas. A NBR 10844 estabelece requisitos de drenagem

de águas pluviais em coberturas e o projeto garanta os níveis aceitáveis de funcionalidade, segurança, higiene, conforto, durabilidade e economia. Já a NBR 5626 estabelece exigências e recomendações relativas ao projeto, execução e manutenção da instalação predial de água fria.

Santos (2010) argumenta que, no Brasil, ainda são poucos os exemplos de incentivos para implantação de programas de uso racional e conservação da água em edificações, seja pelo poder municipal, seja pelas empresas estaduais de saneamento. E este cenário ainda permanece praticamente o mesmo. O autor ainda discute que programas de racionalização da água são geralmente adotados pelas empresas de saneamento do Brasil quando ocorrem situações emergenciais. De modo geral, problemas nas redes de distribuição de água ou por fatores climáticos como, por exemplo, as épocas de seca severa, quando são veiculados na imprensa anúncios sobre a necessidade de racionamento da água.

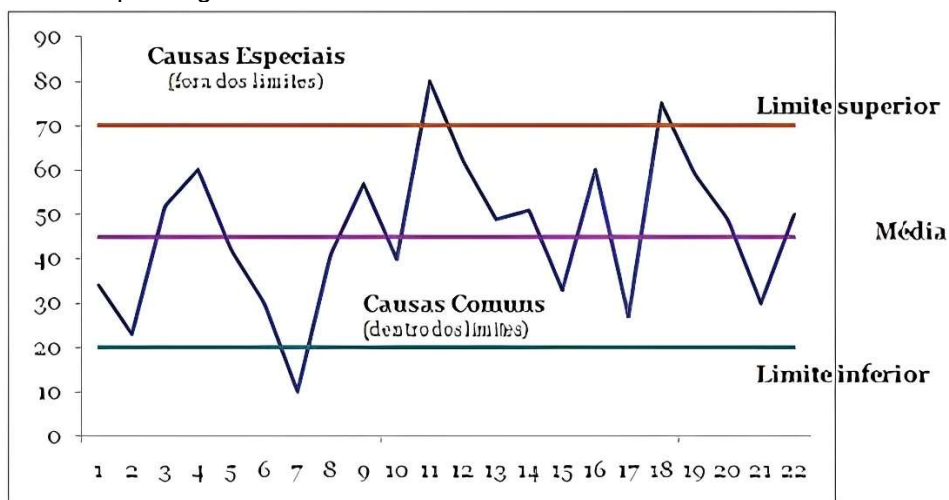
3.6.2 QUALIDADE E PROJETOS DE MELHORIA

O Controle Estatístico de Processo (CEP) é uma ferramenta de controle da qualidade aplicada à melhoria de processos, desenvolvida por Walter Andrew Shewhart (1891-1967)

O CEP é uma metodologia para monitorar e analisar as características dos parâmetros de entrada e saída do processo, tomar ações corretivas se o processo estiver fora dos limites de controle que são atualizados periodicamente com base nos dados do processo, de modo a reduzir continuamente a variação nos processos e produtos (Liu, 2001)

O gráfico de controle é utilizado para analisar tendências e padrões que acontecem ao longo do tempo (Montgomery, 2016). Composto por uma linha central (LC) que representa o valor médio da característica da qualidade correspondente à situação do processo sob controle e um par de limites de controle: um localizado abaixo da linha central – limite inferior de controle (LIC) e, outro acima da linha central - limite superior de controle (LSC), conforme Figura 10.

Figura 10 – Exemplo de gráfico de controle



Fonte: Rodrigues (2020)

Os gráficos de controle podem ser classificados em dois tipos: para variáveis e para atributos. Os gráficos de controle para atributos se referem às características de qualidade que classificam itens conformes e não conformes. Já os gráficos de controle para variáveis expressam as características de qualidade em uma escala contínua.

Ribeiro (2012), argumenta que o CEP possibilita o aumento da capacidade dos processos, reduz refugo e retrabalho, e, por consequência, o custo da má qualidade, proporcionando às empresas a base para melhorar a qualidade de produtos e serviços.

Os projetos de melhoria são iniciativas únicas que visam entender, analisar e melhorar um processo de rotina (Figura 11). Essa melhoria é geralmente o impacto em um indicador de interesse da organização. A equipe do projeto não necessariamente é a equipe do processo. A utilização de ferramentas e metodologias é uma das formas para entender o processo, avaliar e propor soluções de modo a desenvolver maneiras de melhorá-lo. As ferramentas podem ser desde análise de indicadores, como gráficos de controle, tendência e frequência, quanto ferramentas de análise de processos.

Figura 11 - Representação de projeto de melhoria – Lean Six Sigma



Fonte: FM2S (2022)

Ao longo da revisão da literatura, foi possível observar as diversas abordagens adotadas, bem como as boas práticas já estabelecidas na área de P2 e P+L. Silva (2013) menciona que a P+L considera uma abordagem mais completa, integrada e sistemática ao mesmo tempo em que inclui mudanças em todos os aspectos organizacionais relacionados a produtos, processos e sua definição reflete a busca pela melhoria contínua. Esta revisão forneceu uma base sólida para as propostas de mudança nos padrões de funcionamento dos equipamentos e processos no Porto de Aratu, visando aprimorar a eficiência e minimizar os impactos ao meio ambiente.

As operações logísticas são de extrema importância para a economia e o desenvolvimento da região, apresentando desafios significativos em termos de impactos ambientais e eficiência operacional. Este trabalho visa contribuir para a identificação de alternativas sustentáveis e inovações que possam melhorar a gestão dos recursos naturais, reduzir os resíduos e as emissões poluentes, além de aumentar a produtividade no Porto de Aratu, beneficiando não apenas a economia regional, mas também o meio ambiente. Assim, pretende ser uma importante fonte de referência para os gestores, autoridades reguladoras e demais partes interessadas que buscam promover um futuro mais limpo e sustentável em suas empresas.

3.6.3 GESTÃO DE CUSTOS OPERACIONAIS E AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTOS

O empresário e o investidor buscam colocar seu dinheiro em uma operação/ investimento, que lhes dê retorno na forma de lucro. Para isso, ambos avaliam diversos indicadores de forma a compreender os riscos e a possibilidade de ganho com determinado investimento (Santos Júnior, 2021).

A Taxa Mínima de Atratividade (TMA), que é um índice de juros que deixa claro ao investidor que aquele investimento lhe retornará no mínimo determinado percentual. Os juros são apreciados de duas formas: do lado do investidor, que receberá o lucro, e do lado do tomador, aquele que remunera o investidor por seu capital, na forma de custo. Isso significa que a TMA também é apreciada dos dois lados, do tomador e do investidor, e para ambos ela representa a viabilidade econômica que a operação financeira terá. Outra forma de compreendê-la é pela perspectiva do Retorno Sobre o Investimento (ROI – *Return over Investment*), ao estabelecer o patamar com o qual a operação realizada passa a fornecer lucro. (Santos Júnior, 2021).

A TMA se entrelaça com outro conceito vital quando a temática em questão é analisar financeiramente um projeto, o conceito de Valor Presente Líquido (VPL). Ele atua como um complemento à TMA, pois, se a Taxa de Atratividade revela a viabilidade do projeto, o VPL vai projetar qual ganho, o valor que o projeto tem capacidade de gerar em um período. Quando o VPL é positivo, significa que existe um sinal verde para dar seguimento ao projeto, pois será capaz de agregar valor devido a incrementos do fluxo de caixa. Agora, se for negativo, qualquer investimento feito no projeto será consumido, a ponto de não gerar acréscimo ao fluxo de caixa (Colombo, 2019).

Dessa forma, tem-se que o VPL representa em dado momento o que o projeto traz em termos de fluxo de caixa. Dessa forma, ele se apresenta como uma forma muito eficiente e eficaz de avaliar a viabilidade de um projeto. Sendo assim o fluxo de caixa do projeto é consolidado em um momento específico do tempo; com isso, agregando e descontando a TMA, o indicador pode ser encontrado, conforme a fórmula do VPL (Equação 1):

$$\text{VPL} = - \text{Investimento Inicial} + \text{FC}_1 / (1+i) + \text{FC}_2 / (1+i)^2 + \dots + \text{FC}_n / (1+i)^n \quad (1)$$

O Fluxo de Caixa (FC); os números de FC (1, 2 em diante) representam o período de análise; e o i se refere à taxa mínima de atratividade (TMA).

Quando o investidor tem conhecimento do retorno que seu investimento inicial vai oferecer (*payback*) e de qual é o tamanho desse retorno, tem condições de tomar a decisão, pois não é sempre preto no branco. Se um mercado tem margens de lucro pequenas, restritas, o investidor pode encontrar um Índice de Benefício/Custo (IBC) baixo, positivo e mesmo assim decidir por efetivar o investimento (Santos Júnior, 2021).

O *Internal Rate of Return* ou Taxa Interna de Retorno (TIR), é o índice que analisa a taxa de desconto que faz o VPL ser zero e é comumente utilizado para comparar investimentos e até mesmo como mecanismo de análise de grau de desvalorização monetária. Pode-se afirmar que seu cálculo é até simplificado e a alíquota obtida também serve de parâmetro de atratividade. Por exemplo: se um investimento apresenta um TIR de percentual menor que o TMA, mais do que rapidamente é descartado pelo investidor. A TIR é calculada por interpolação ou de forma iterativa (Equação 2):

$$VPL = \sum_{t=0}^T \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} = FC_0 + \frac{FC_1}{(1+TIR)} + \frac{FC_2}{(1+TIR)^2} + \frac{FC_3}{(1+TIR)^3} + \dots + \frac{FC_n}{(1+TIR)^n} \quad (2)$$

Portanto, sendo a TIR maior que a TMA, o projeto tem maiores chances de ser aceito, pois, mesmo com essa vantagem, cabe sempre ao gestor ponderar suas decisões pelas informações, e não deixar que as informações tomem as decisões, afinal recai sempre no perfil do investidor.

4. ESTUDO DE CASO

Este capítulo descreve a Empresa “K”, parceira na construção deste trabalho, a qual forneceu os dados para a análise e proposição do Programa de P+L.

4.1 DESCRIÇÃO DO PORTO DE ARATU

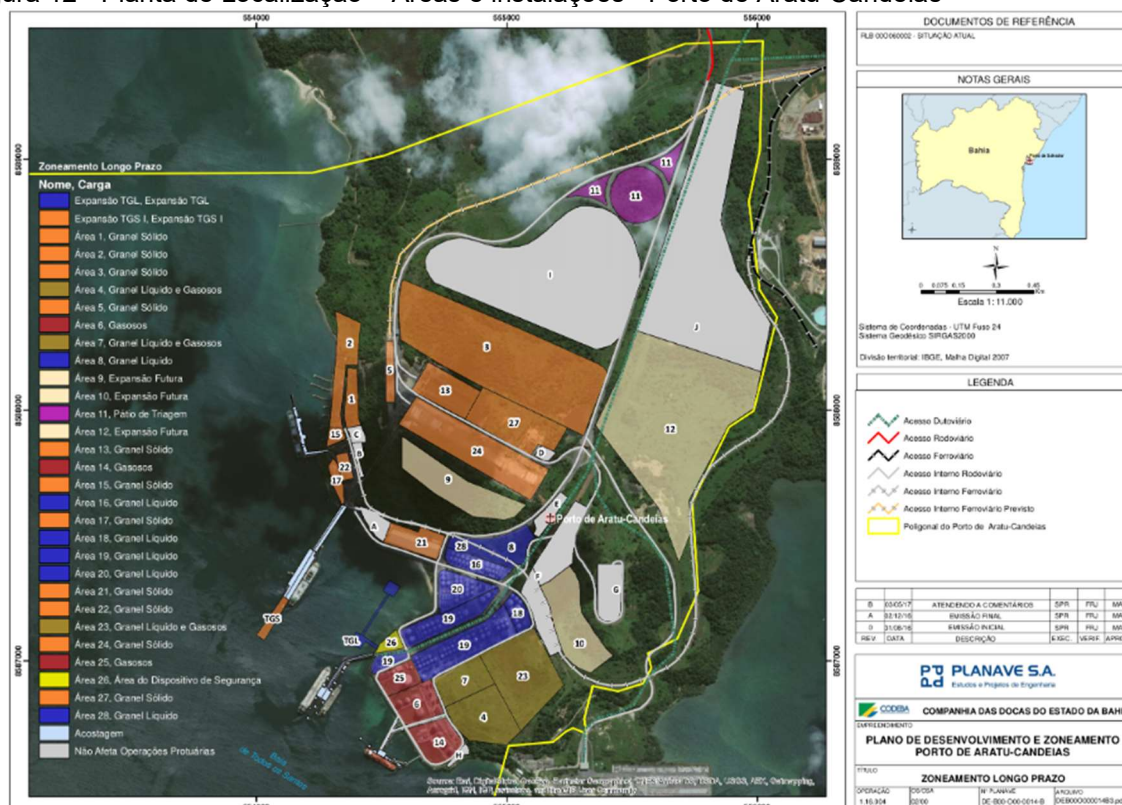
O Porto de Aratu-Candeias, segundo a Lei nº 12.815/2013 é definido com um Porto Organizado, ou seja, um bem público construído e aparelhado para atender a necessidades de navegação, de movimentação de passageiros ou de movimentação e armazenagem de mercadorias.

Localizado na Baía de Todos os Santos, próximo a entrada do Canal de Cotegipe, foi inaugurado em 1975, e atualmente é um importante ponto de escoamento da produção química e petroquímica do País. Além disso, o Porto ainda cumpre o papel de indutor do processo de desenvolvimento industrial da Bahia, viabilizando os dois principais pólos do setor existentes no Estado: o Centro Industrial de Aratu (CIA) e o Pólo Industrial de Camaçari.

Atualmente, o Porto opera com quatro terminais para a movimentação de granéis sólidos, produtos líquidos e gasosos, movimentando, simultaneamente minérios e produtos químicos. Entre os principais produtos movimentados estão minérios de ferro, sínter, manganês e cobre, ureia, fertilizantes, nafta, propeno, concentrado de cobre (CODEBA, 2021). O Porto de Aratu-Candeias é constituído por 3 Terminais, conforme pode ser observado na Figura 12.

- TPG - Terminal de Produtos Gasosos, com berço de 189 metros
- TGL - Terminal de Granéis Líquidos, com dois berços (TGLSul e TGLNorte) que perfazem 340 metros
- TGS - Terminal de Granéis Sólidos, com três berços (TGS I: TGS Sul e TGS Norte; e TGS II) numa extensão de 366 metros

Figura 12 - Planta de Localização – Áreas e instalações - Porto de Aratu-Candeias



Fonte: PDZ dos Portos de Salvador e Aratu-Candeias (2022)

As instalações de armazenagem do Porto de Aratu-Candeias são compostas por armazéns, pátios, tanques e silos e encontram-se arrendadas a empresas privadas, com exceção apenas do pátio de granéis sólidos, que é público e explorado pela CODEBA.

4.2 A EMPRESA “K”

A Empresa “K”, objeto deste trabalho, possui um armazém arrendado em área de porto público, localizada no Porto de Aratu-Candeias, no qual movimenta, armazena e transporta carga de granéis sólidos e minerais, resultantes da sinterização de óxido de magnésio. Na unidade trabalham 16 colaboradores, 10 em regime administrativo e 6 em escala 12x36.

Na Tabela 1, são apresentadas as principais características das estruturas de armazenamento da Empresa “K”, objeto deste estudo.

Tabela 1 – Instalações de Armazenagem da Empresa “K” no Porto de Aratu-Candeias

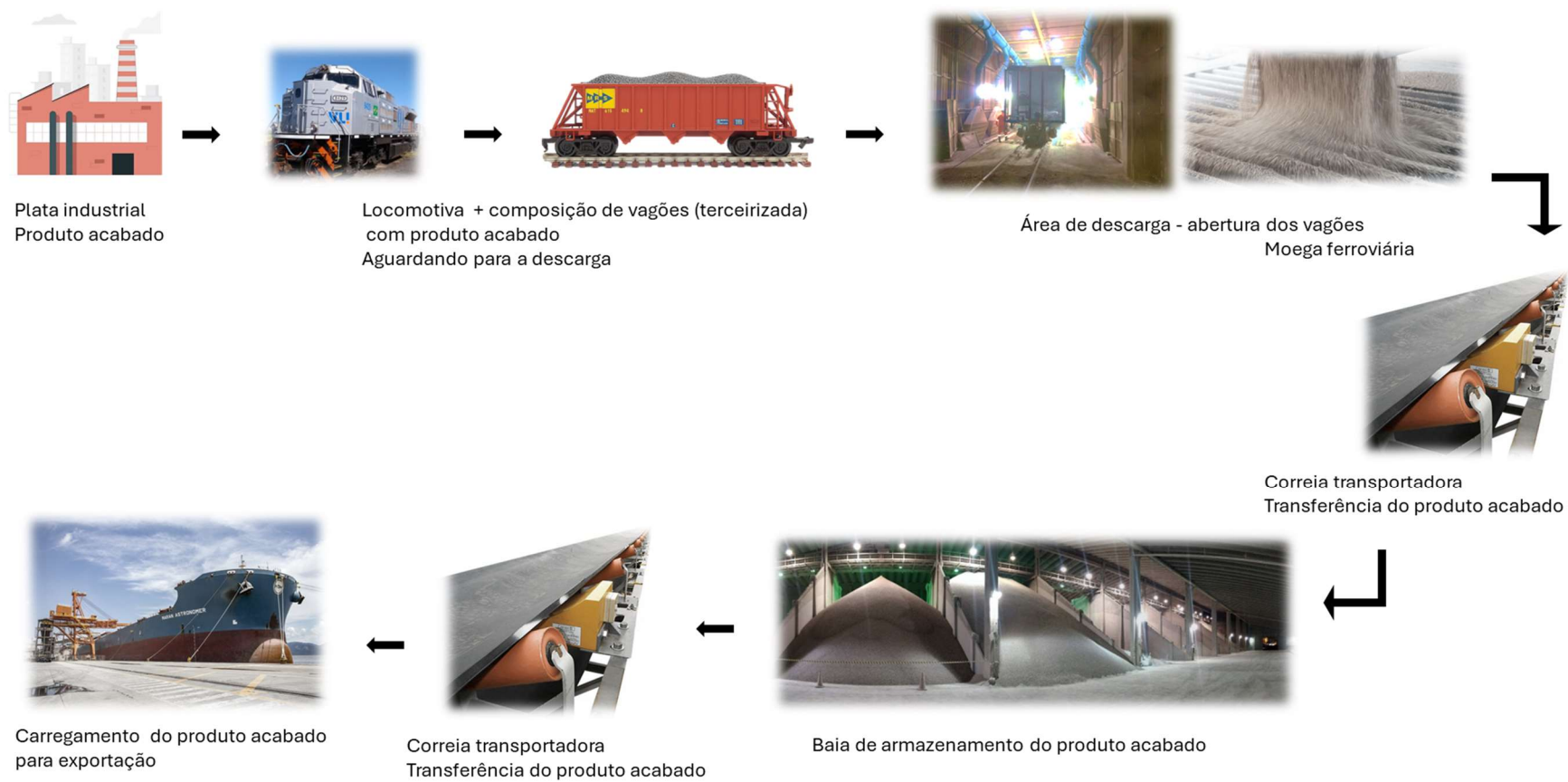
| Tipo de Instalação | Quant | Denominação | Área (m²) | Tipo de Carga | Capacidade Estática (t) | Volume (m³) | Regime de Exploração |
|---------------------------|--------------|--------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| Armazéns | 1 | Empresa “K” | 12.685,80 | Granel Sólido | 33.500 | 23.000 | Arrendado Empresa “K” |

Fonte: PDZ dos Portos de Salvador e Aratu-Candeias (2022)

A coleta dos dados e análises foi realizado utilizando informações do sistema operacional fornecido pela Empresa “K” no período de 2017 a 2022. Os dados referentes ao consumo de energia elétrica (kWh), foram fornecidos pela própria Empresa “K”, informações estas da Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia (COELBA). Ademais, a análise do consumo de água (m³), foi realizada através dos dados da concessionária de serviços de saneamento básico do estado da Bahia, a Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A (EMBASA), também considerando o mesmo período.

A Figura 13 apresenta uma representação de como as atividades são realizadas na Empresa “K”. O produto acabado é transportado da fábrica até a área de armazenagem no Porto de Aratu por modal ferroviário (locomotiva e composição de vagões – terceirizada). Na área de descarga, os vagões são abertos, o material passa pela moega de descarga e este é direcionado às esteiras, para que ocorra a transferência do material até as baias de armazenamento. Para o carregamento dos navios o material é retirado das baias e direcionado as esteiras, que direcionam o produto acabado até o navio.

Figura 13 – Representação das atividades da Empresa “K” no Porto de Aratu



Fonte: Autores (2023)

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, são discutidos os dados coletados durante a pesquisa, com foco na avaliação de medidas de P2 e P+L na Empresa "K". Cada etapa do processo de implementação será apresentada e comentada detalhadamente.

5.1 ADEQUAÇÃO E USO DAS METODOLOGIAS DE GESTÃO AMBIENTAL COM ENFOQUE NAS OPORTUNIDADES DE P2 E P+L NO TERMINAL DE CARGAS DO TERMINAL PORTUÁRIO DE ARATU

Para a proposta de avaliação das medidas do Programa P2 e P+L representado pela Figura 14, na área de armazenagem e carregamento de granéis sólidos no terminal portuário em Aratu, as seguintes etapas foram seguidas:

5.1 Etapa 1 - Planejamento e organização:

Realizou-se a apresentação das informações do Programa P2 e P+L, no estímulo do comprometimento gerencial e dos colaboradores que realizam a operação no espaço, formando assim o Ecotime. A participação da equipe local (Ecotime) foi importante pois estes conhecem a área e sabem dos pontos geradores de resíduos, contribuindo com questionamentos e sugestões referentes ao P2 e P+L.

Essa equipe ficou atribuída pela estruturação e organização dos dados para as Etapas 2 – Inventariar Dados,

Etapa 3 – Balanço do processo, Identificação das causas e opções de P+L,

Etapa 4 – Avaliação técnica, ambiental e econômica,

Etapa 5 – Implementação e Monitoramento.

A partir da caracterização do processo produtivo foram listados os equipamentos, atividades e aspectos ambientais existentes. Foram identificadas nestas etapas de operação na área de movimentação, armazenagem e transporte carga do material da empresa no Porto em Aratu, as situações com maior representatividade para a mesma e as mais atividades impactantes.

Figura 14 - Passos para implementação de um Programa de P+L



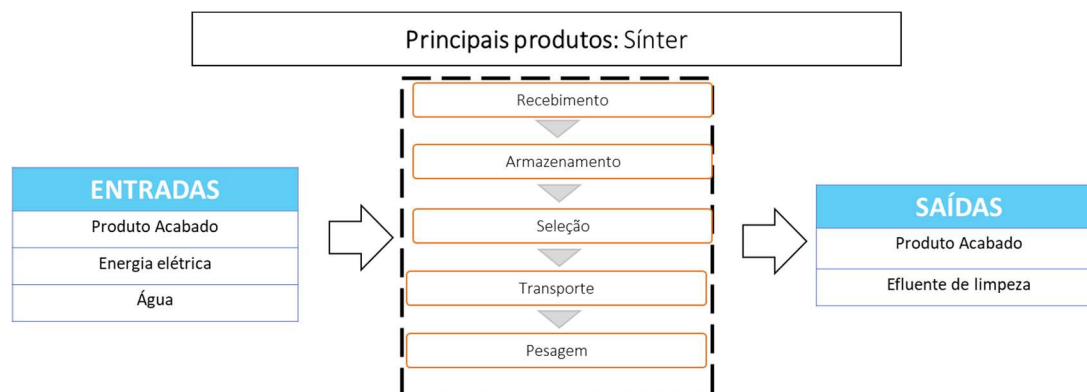
Fonte: Manual CNTL (2003)

Etapa 1 - Planejamento e organização: apresentou-se o projeto de P2 e P+L, a proposta das atividades e o foi elaborado junto ao Ecotime da Empresa “K” um cronograma das ações as quais o gestor da planta e os colaboradores deveriam avaliar. A equipe é a melhor fonte de informações, pois estão no dia a dia das operações, possuem experiência e conhecimento do funcionamento dos equipamentos.

5.1 Etapa 2 - Inventariar os dados:

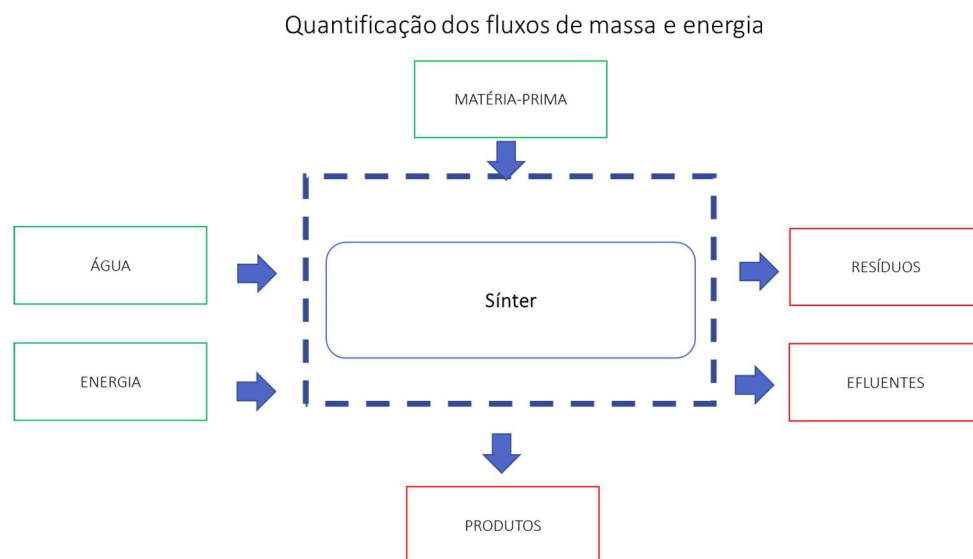
Foi elaborado o fluxograma do processo produtivo e o diagnóstico ambiental, por meio da avaliação de entradas e saídas, resíduos e emissões potenciais, permitindo identificar quais perdas poderiam ser reduzidas. Nesta etapa, foi determinada pela liderança da Empresa “K” que o foco deveria ser no consumo de energia elétrica e água utilizados no processo de movimentação, armazenagem e transporte carga do material da empresa no Porto em Aratu, conforme as Figuras 15 e 16.

Figura 15 – Fluxograma do processo de movimentação, armazenagem e transporte carga do material da empresa no Porto em Aratu



Fonte: Autores (2022)

Figura 16 – Diagnóstico Ambiental do Processo movimentação, armazenagem e transporte carga do material da empresa no Porto em Aratu



Fonte: Autores (2022)

Etapa 3 - No balanço do processo foi documentado entradas e saída de energia elétrica (kWh) e água(m³). A análise foi realizada através do *software* R para avaliar o consumo dos recursos entre os anos de 2017 e 2022.

5.1 Etapa 3 - Balanço do material na Empresa “K”

5.1.1 Análise dos dados de consumo de energia elétrica

A Tabela 2 apresenta o consumo de energia elétrica (kWh), entre os anos de 2017 e 2022.

Tabela 2 - Consumo energia elétrica (kWh) entre os anos de 2017 e 2022

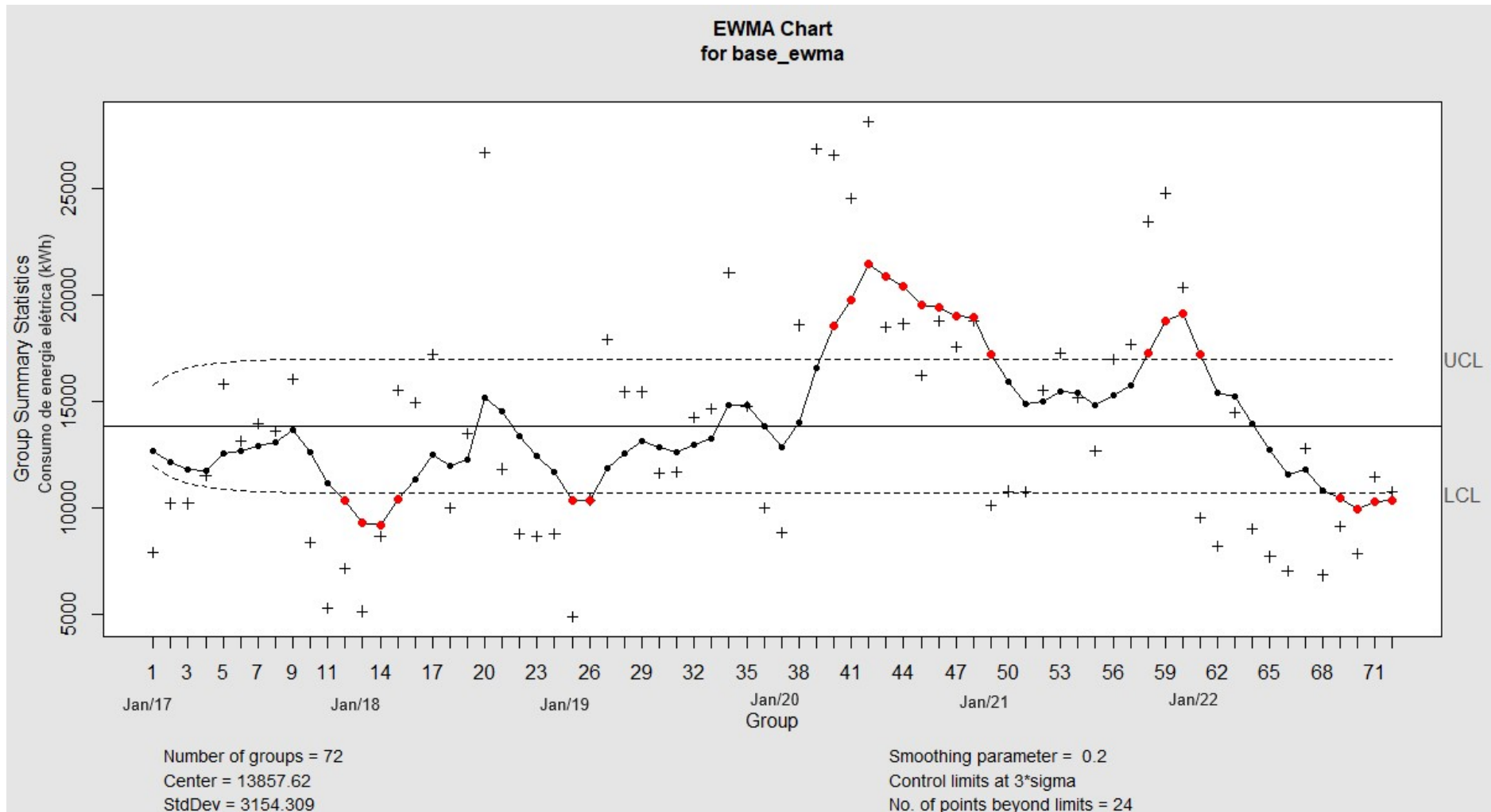
| Ano Mês | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|
| Jan | 7.935 | 5.148 | 4.911 | 8.830 | 10.125 | 9.551,81 |
| Fev | 10.214 | 8.648 | 10.382 | 18.591 | 10.789 | 8.208,06 |
| Mar | 10.214 | 15.512 | 17.940 | 26.870 | 10.780 | 14.469,16 |
| Abr | 11.547 | 14.961 | 15.449 | 26.584 | 15.519 | 9.038,40 |
| Mai | 15.814 | 17.197 | 15.448 | 24.566 | 17.270 | 7.712,37 |
| Jun | 13.171 | 10.000 | 11.611 | 28.144 | 15.161 | 7.046,34 |
| Jul | 13.978 | 13.473 | 11.688 | 18.485 | 12.659 | 12.791,86 |
| Ago | 13.632 | 26.724 | 14.269 | 18.649 | 16.971 | 6.838,10 |
| Set | 16.040 | 11.836 | 14.639 | 16.215 | 17.667 | 9.149,45 |
| Out | 8.360 | 8.774 | 21.052 | 18.780 | 23.470 | 7.849,21 |

| | | | | | | |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|
| Nov | 5.276 | 8.649 | 14.800 | 17.547 | 24.809 | 11.482,04 |
| Dez | 7.152 | 8.784 | 9.990 | 18.775 | 20.367 | 10.767,50 |
| Média | 11.111 | 12.476 | 13.515 | 20.170 | 16.299 | 9.575 |

Fonte: Autores (2022) – Dados da COELBA para a Empresa “K”

Utilizando o *software* R foi avaliado o consumo de energia elétrica (kWh) do período através do gráfico de controle *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA), conforme apresentados na Figura 17 (Ver também Apêndice B). Este modelo foi empregado para estimar e prever a série temporal do consumo de energia elétrica da Empresa “K”.

Figura 17 - Gráfico EWMA do consumo de energia elétrica (kWh) na Empresa “K” entre 2017 e 2022



Fonte: Autores (2022)

O eixo Y representa o consumo de energia (kWh) e o eixo X representa os anos analisados, sendo “1”, “13”, “25”, “37”, “49” e “61” representando respectivamente Janeiro 2017, 2018, 2019, 2020, 2021 e 2022.

Os quartis, são as separatrizes que dividem o conjunto em 4 partes iguais, para proporcionar uma melhor análise da dispersão do conjunto, simetria ou assimetria da distribuição. Os valores do sistema foram: Q1 (primeiro quartil - valor do conjunto que delimita os 25% menores valores) = 9.451, Q3 (terceiro quartil - valor do conjunto que delimita os 75% maiores valores) = 17.215, mediana = 13.322, máximo = 28.144 e mínimo = 4.911 e a média: 13.858, referentes ao consumo de energia elétrica (kWh) na Empresa “K” entre 2017 e 2022 (Ver também Apêndice C).

Observa-se ainda que foram identificados cinco intervalos em que o consumo de energia elétrica sofreu desvio em relação aos limites de controle. Esses intervalos que sofreram desvio foram destacados em cor vermelho, na Figura 17, havendo totalizando 24 pontos entre os anos de 2018 e 2022. Foram identificados como períodos de menor (2018) ou maior (2020) intensidade de movimentação de carga na empresa de logística portuária (Ver Figura 17).

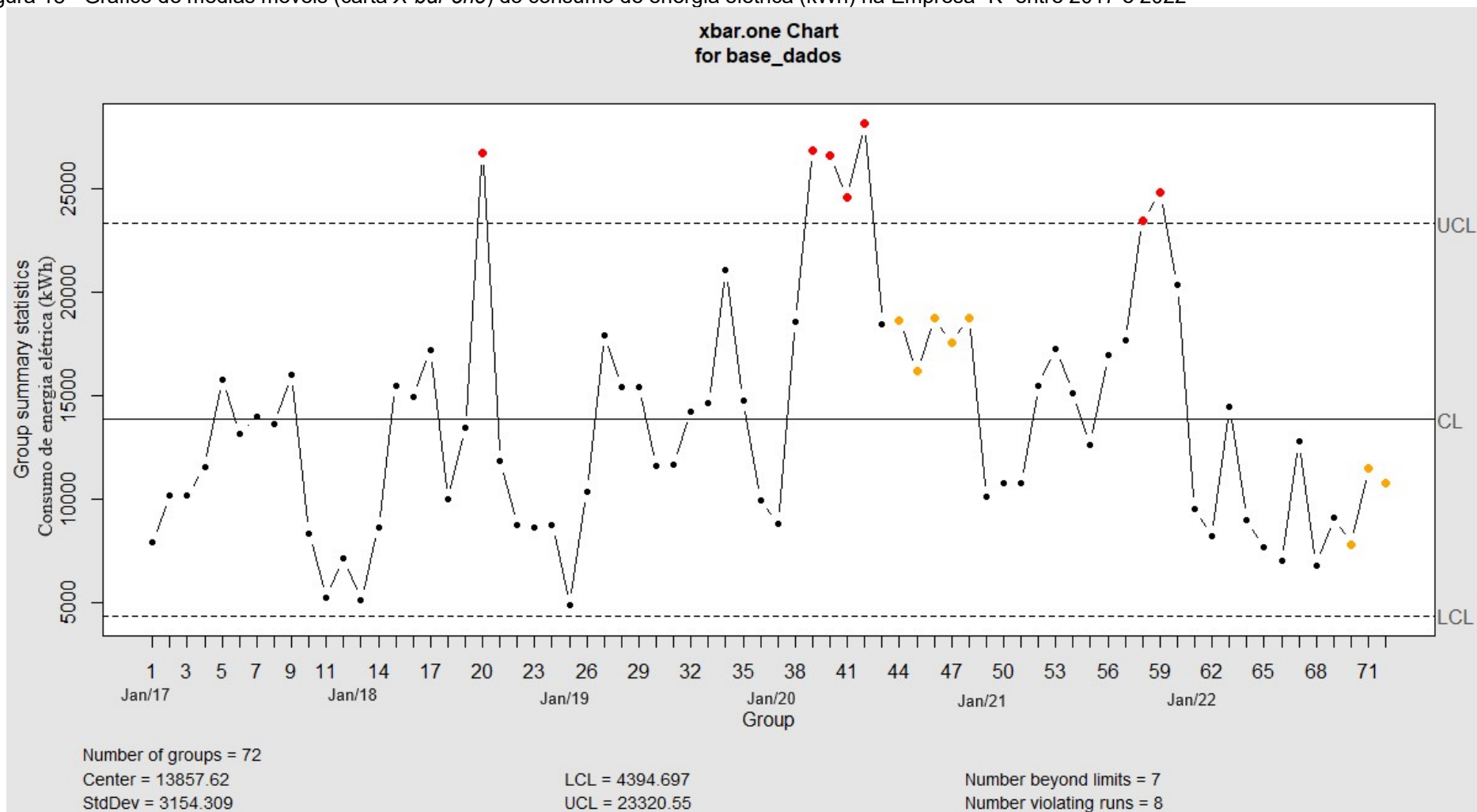
A partir de cada item observado, o gráfico EWMA (Figura 17) possibilitou a visualização de uma previsão exponencial (simbolizado no gráfico EWMA como “+”) relacionado a cada observação, permitindo o estudo das situações que se enquadram em uma curva de crescimento ou decrescimento do consumo de energia elétrica.

Para complementar a análise foi elaborado o gráfico de valores individuais (carta *X-bar one*), também utilizando *software R*, Figura 18 (Ver também Apêndice D), utilizado para variáveis quantitativas contínuas ou discretas, conforme foi identificado na situação deste estudo de caso, a avaliação do consumo de energia elétrica ao longo do tempo, de modo a analisar a variabilidade do processo.

Pode-se observar uma correlação entre o consumo de energia elétrica (kWh) e os meses de Ago/20 (x-44) a Dez/20 (x-48), e Out/22 (x-70) a Dez/22 (x-72), identificados no gráfico pela sinalização amarela (ver Figura 18). Neste 1º período (ano 2020), houve na Empresa “K” o fechamento do quadrimestre do ano nas operações logísticas, logo após a retomada das atividades pós pandemia de COVID-19; no 2º período (ano 2022), houve a diminuição das operações por decisão gerencial.

Analisando os gráficos de controle EWMA (Figura 16) e o de médias móveis (Figura 17) observa-se uma tendência de aumento de consumo de energia entre os meses de fevereiro e agosto dos anos avaliados. Dessa forma, é possível inferir que durante esse intervalo houve uma maior movimentação de carga no referido terminal, seja via de recepção ou via de exportação, uma vez que a leitura é realizada de forma totalizada dos equipamentos elétricos lotados na estrutura.

Figura 18 - Gráfico de médias móveis (carta X-bar one) do consumo de energia elétrica (kWh) na Empresa “K” entre 2017 e 2022

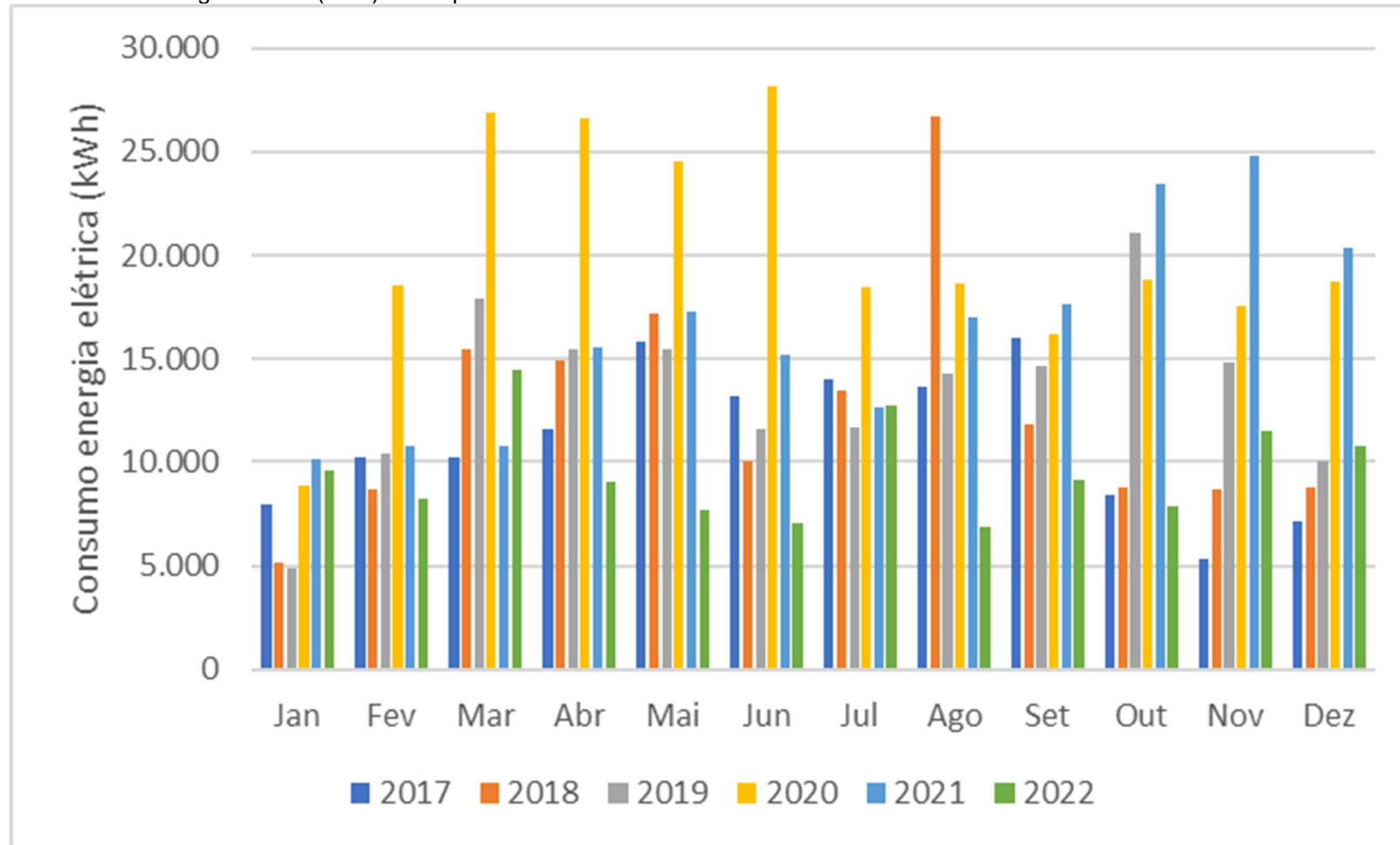


Fonte: Autores (2022)

Complementar a essa análise foi feita a comparação do mesmo período entre meses e os anos, como mostra a Figura 19. Observa-se que entre os meses de Mar/20 (x-39) e Jun/20 (x-42), reuniram os maiores picos no consumo de energia elétrica (kWh) na Empresa “K”. Corroboram com pontos já identificados no gráfico de valores individuais (carta *X-bar one*), Figura 18.

Neste período a Empresa “K” realizou os maiores volumes de armazenamento, movimentação e transporte de granéis sólidos já realizados pela empresa. A Empresa “K” opera uma média mensal de 12.000 toneladas de recepção de material e 20.000 toneladas de granéis sólidos para exportação, 2 navios por mês.

Figura 19 - Consumo energia elétrica (kWh) na Empresa “K” entre 2017 e 2022



Fonte: Autores (2022)

5.1 Etapa 3 - Balanço do material na Empresa “K”

5.1.2 Análise dos dados de consumo água

A Tabela 3 mostra o consumo água (m³), entre os anos de 2017 e 2022.

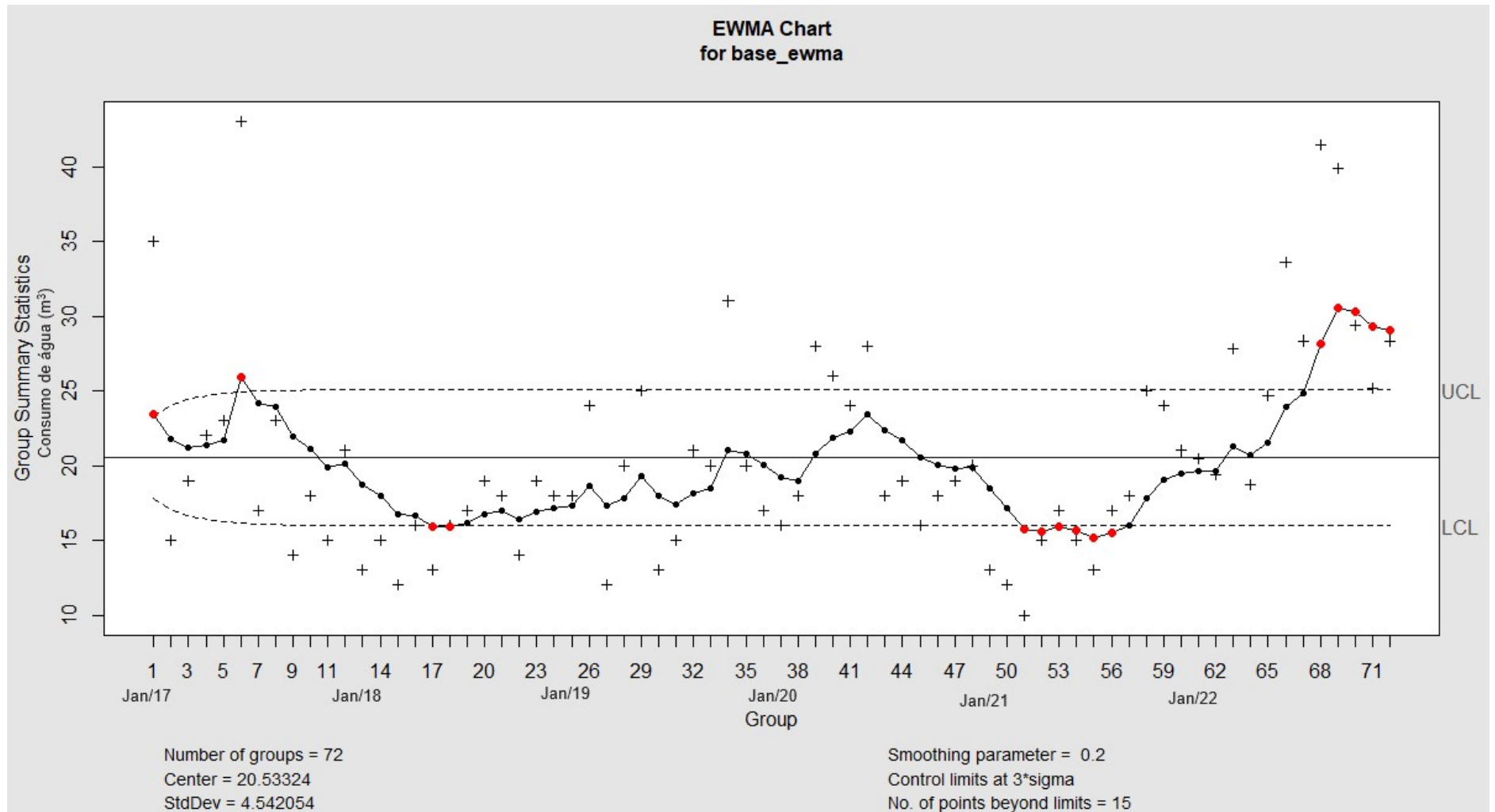
Tabela 3 - Consumo água (m³) entre os anos de 2017 e 2022

| Ano Mês | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|--------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Jan | 35 | 13 | 18 | 16 | 13 | 20 |
| Fev | 15 | 15 | 24 | 18 | 12 | 19 |
| Mar | 19 | 12 | 12 | 28 | 10 | 28 |
| Abr | 22 | 16 | 20 | 26 | 15 | 19 |
| Mai | 23 | 13 | 25 | 24 | 17 | 25 |
| Jun | 43 | 16 | 13 | 28 | 15 | 34 |
| Jul | 17 | 17 | 15 | 18 | 13 | 28 |
| Ago | 23 | 19 | 21 | 19 | 17 | 41 |
| Set | 14 | 18 | 20 | 16 | 18 | 40 |
| Out | 18 | 14 | 31 | 18 | 25 | 29 |
| Nov | 15 | 19 | 20 | 19 | 24 | 25 |
| Dez | 21 | 18 | 17 | 20 | 21 | 28 |
| Média | 22 | 16 | 20 | 21 | 17 | 28 |

Fonte: Autores (2022) – Dados da EMBASA para a Empresa “K”

Também foi utilizando o *software* R para avaliação do consumo de água (m³) do período através do gráfico de controle *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA), conforme apresentado na Figura 20 (Ver também Apêndice E). Modelo empregado para estimar e prever a série temporal do consumo de água (m³) da Empresa “K”.

Figura 20 - Gráfico EWMA do consumo de água (m³) na Empresa "K" entre 2017 e 2022



Fonte: Autores (2022)

Conforme observado no gráfico da Figura 20, o eixo Y representa o consumo de água (m^3) e o eixo X representa os anos analisados, sendo “1”, “13”, “25”, “37”, “49” e “61” representando respectivamente Janeiro 2017, 2018, 2019, 2020, 2021 e 2022.

Os quartis e seus valores do sistema foram: Q1 (primeiro quartil - valor do conjunto que delimita os 25% menores valores) = 16.00, Q3 (terceiro quartil - valor do conjunto que delimita os 75% maiores valores) = 24.00, mediana = 19.00, máximo = 43.00 e mínimo = 10.00, e a média: 20.53, referentes ao consumo de água (m^3) na Empresa “K” entre 2017 e 2022 (Ver também Apêndice F).

Para o consumo de água (m^3) observa-se quase uma constância na utilização do recurso. Foram identificados 15 (quinze) pontos destacados em vermelho (dentre os 72 pontos) em que o consumo de água sofreu desvio em relação aos limites de controle tendo estes ocorridos em 2017 (x-1 - Jan/2017; x-6 - Jun/2017), em 2018 (x-17 Mai/2018; x-18 Jun/2018), em 2021 (x-51 - Mar/2021 a x-56 - Ago/2021), e em 2022 (x-68 - Ago/2022 a x-72 - Dez/2022). Em 2017 houve uma limpeza geral na Empresa “K”, com a lavagem de toda sua área, equipamento, veículos. No ano de 2018 e no ano de 2021, foram os períodos de pouca movimentação de carga. Já no ano de 2022, com a intensidade de movimentação de carga da Empresa “K”, houve o aumento do consumo de água.

Do mesmo modo o Gráfico EWMA (Figura 20) possibilitou a visualização de uma previsão exponencial (simbolizado no gráfico EWMA como “+”) relacionado a cada observação, permitindo o estudo das situações que se enquadram em uma curva de crescimento ou decrescimento do consumo de água.

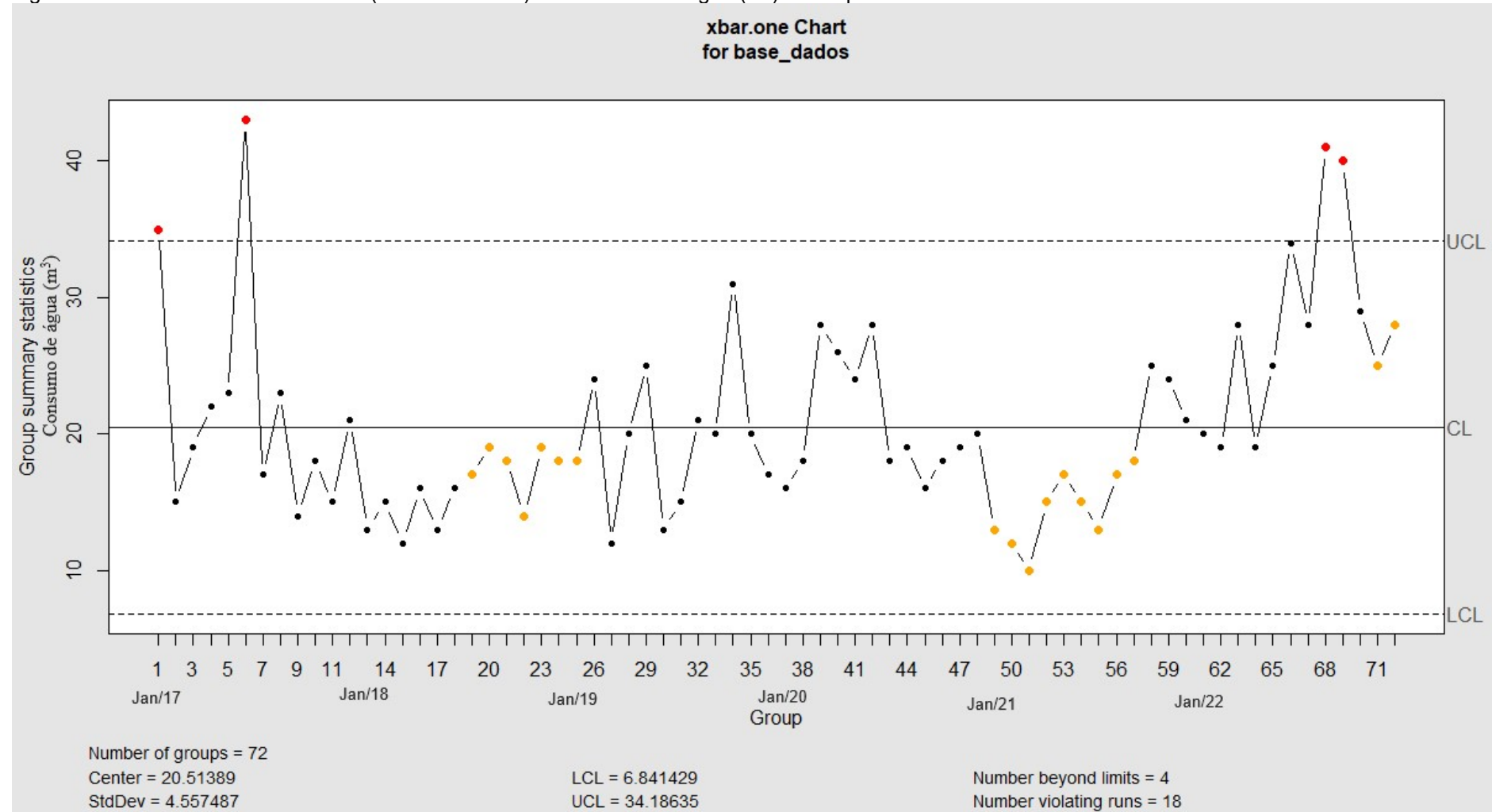
Também utilizando *software* R, foi elaborado o gráfico de valores individuais (carta *X-bar one*), Figura 21 (Ver também Apêndice G), utilizado para variáveis quantitativas contínuas ou discretas, para a avaliação do consumo de água (m^3) da Empresa “K”.

Há correlação entre o consumo de água (m^3) nos meses de Jul/2018 (x-19) a Jan/2019 (x-25), identificados no gráfico pela primeira sinalização amarela (ver Figura 21). Assim como correlação, segunda sinalização amarela, no período de Jul/2021 (x-55) a Set/2021 (x-57), relacionado ao fechamento do quadrimestre nas operações logísticas da Empresa “K”, logo após a retomada das atividades pós pandemia de COVID-19, já mencionado no consumo de energia elétrica. Já os desvios Jan/2017

(x-1) e Jun/2017 (x-6), Ago/201(x-68) e Set/2021(x-69), estão relacionados a limpeza na Empresa "K".

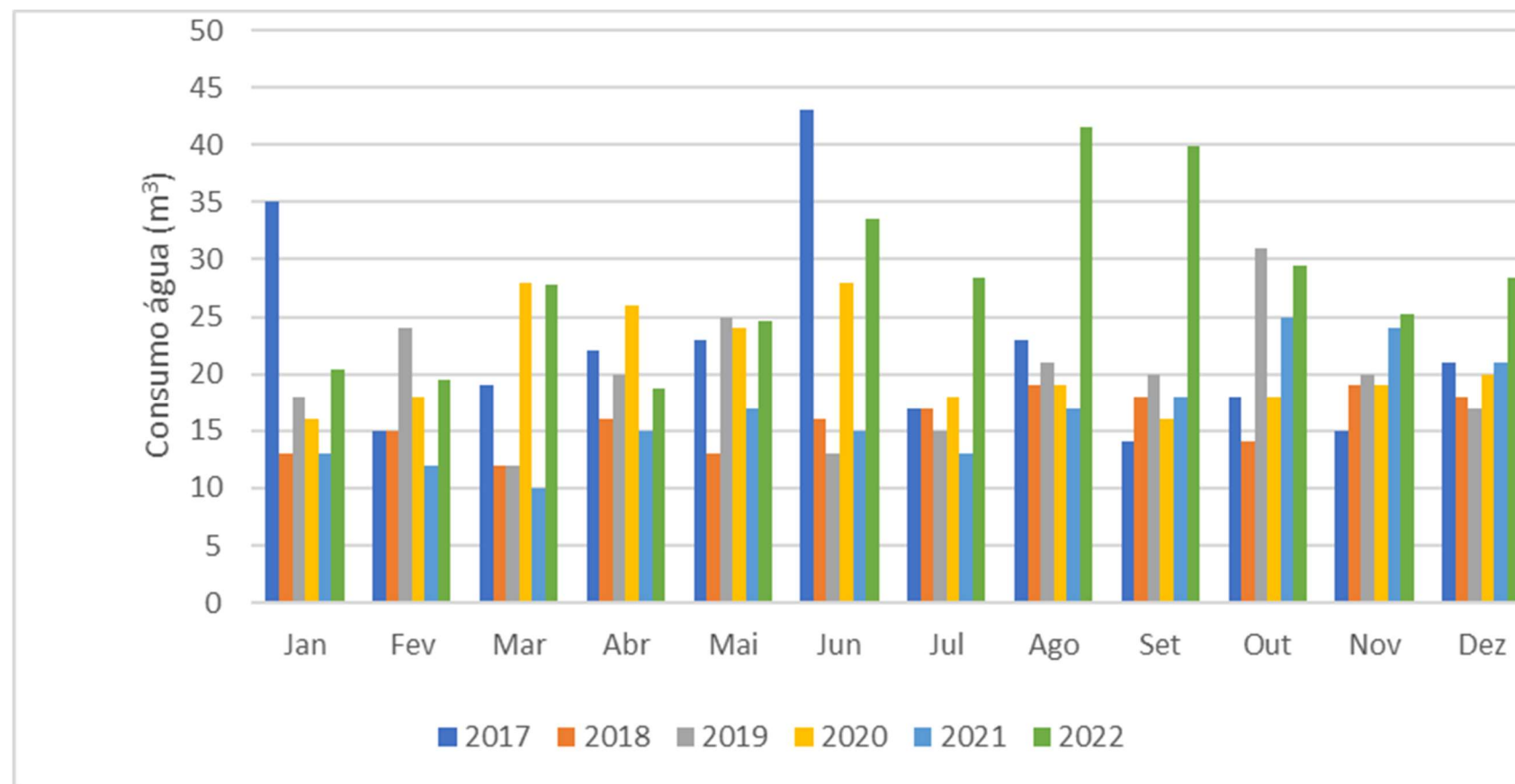
Considerando os gráficos de controle EWMA (Figura 20) e o de médias móveis (Figura 21) observa-se uma tendência de aumento de consumo água entre os meses de fevereiro e agosto dos anos avaliados, assim como no consumo de energia elétrica, apesar do consumo de água apresentar maior estabilidade. A utilização da água acontece apenas na área administrativa, ou seja, para limpeza do espaço, louças do refeitório, e banheiros.

Figura 21 - Gráfico de médias móveis (carta X-bar one) do consumo de água (m³) na Empresa "K" entre 2017 e 2022



Fonte: Autores (2022)

Complementar a essa análise foi feita a comparação do mesmo período entre meses e os anos, como mostra a Figura 22. Observa-se que entre os meses de Jan/17 (x-1) e Jun/17 (x-6), e Ago/2022(x-68) e Set/2022(x-69) reuniram os maiores picos no consumo de água (m³) na Empresa “K”. Corroboram com pontos já identificados gráfico de valores individuais (carta *X-bar one*), Figura 21. Neste período a Empresa “K” realizou grandes limpezas gerais na sua área de armazenamento, movimentação e transporte de granéis sólidos.

Figura 22 - Consumo água (m³) entre os anos de 2017 e 2022

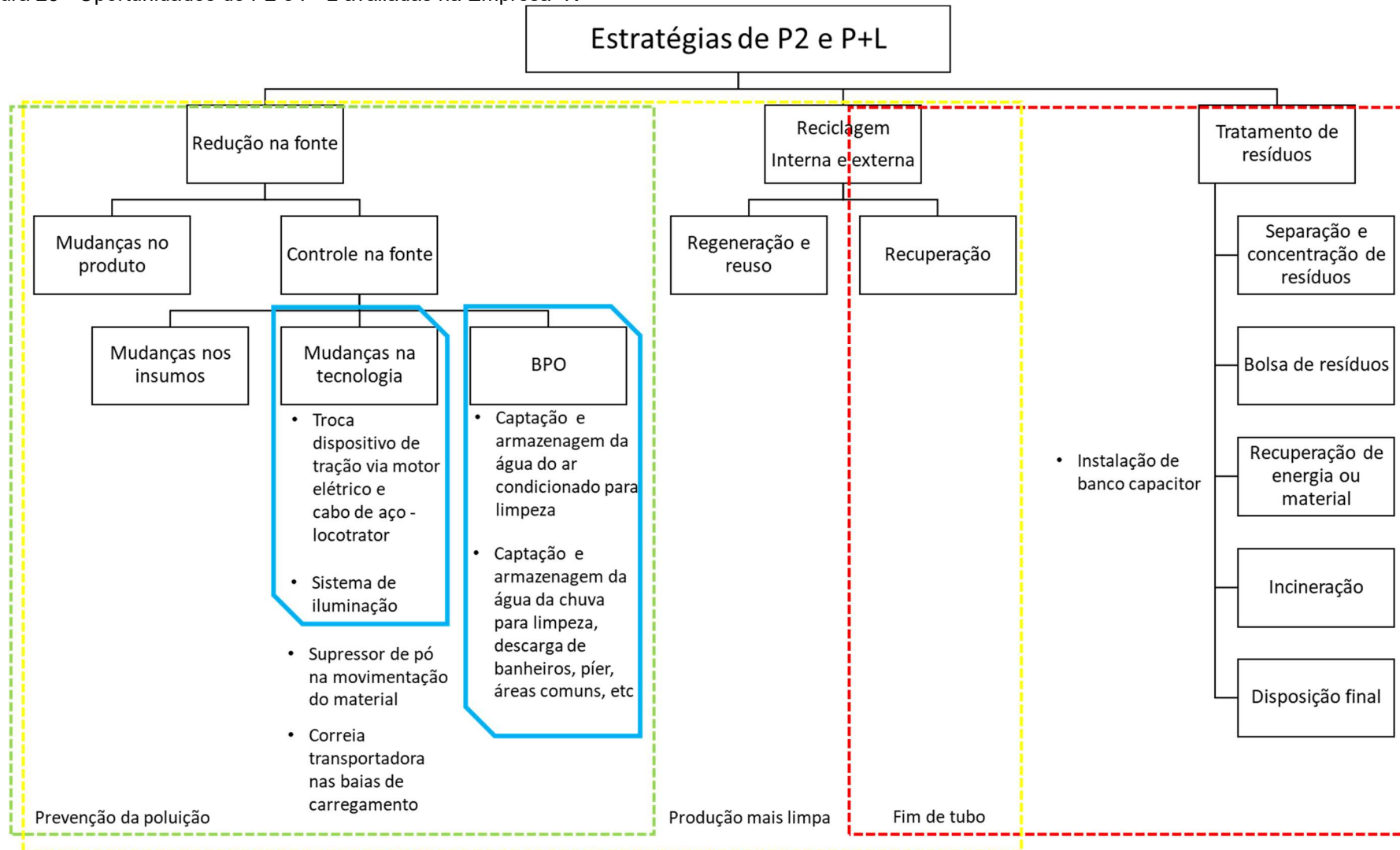
Fonte: Autores – Dados EMBASA (2022)

5.1 Etapa 3 - Balanço do material na Empresa “K”

5.1.3 Identificação das causas e opções de P+L

Foi identificada quais possibilidades para prevenção da poluição, buscando referências em outras empresas, produções bibliográficas, fornecedores. Foram diagnosticadas as oportunidades de P+L, destacadas aquelas a serem implementadas na empresa “K”, como mostra a Figura 23.

Figura 23 - Oportunidades de P2 e P+L avaliadas na Empresa "K"



Fonte: Autores (2022)

5.1 Etapa 4 - Avaliação econômica, técnica e ambiental das oportunidades e adequações de P+L na Empresa “k”

Referente a Redução na Fonte, relacionadas a Mudança no Produto, Controle na fonte - Mudanças nos Insumos não foram identificadas.

Já para as estratégias de P+L Controle na fonte relacionadas a Mudança de Tecnologia, foram identificadas e propostas a Empresa “K”:

- a) Alteração/substituição de equipamento: A movimentação dos vagões na área de descarga era realizada por um dispositivo de tração via motor elétrico e cabo de aço. Foi sugerido a utilização de um locotrator (Figura 24a e 24b), uma vez que este é um equipamento mais adequado para este tipo de serviço, visto que além da eficiência, velocidade e produtividade para a operação, garante a segurança e integridade dos colaboradores envolvidos na atividade.

Figura 24a - Locotrator



Fonte: Autores (2022)

Figura 24b – Detalhe do engate do locotrator no vagão para movimentação



Fonte: Autores (2022)

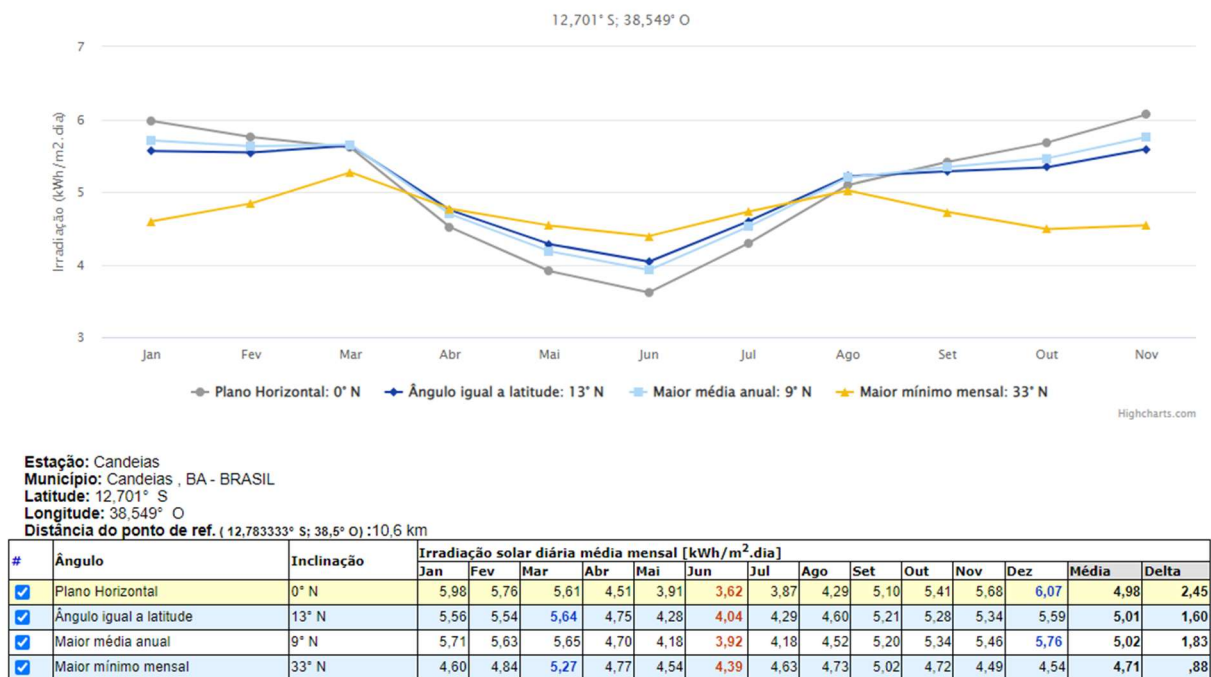
Silva (2013) menciona que a P+L deve ter uma abordagem integrada e sistematizada que visa fomentar a eficiência na produção, na gestão ambiental e no desenvolvimento humano, englobando transformações em todos os aspectos

organizacionais relacionados ao processo produtivo, com o objetivo constante de alcançar a melhoria contínua.

- b) Alteração/substituição de sistema: O armazém contava com 9 baias iluminadas por 4 lâmpadas de 250W/cada. O consumo médio mensal de energia elétrica era de 3.960kW. Recomendou-se para a área a iluminação através de tubo solar que possibilita a transferência da luz solar, aconselhada para grandes ambientes, possibilitando a economia de energia. Sugeriu-se também a instalação de placas fotovoltaicas, tendo em vista a disponibilidade de instalação na área de telhado do armazém disponível (~ 5.000m²). Recomendou-se também a troca das lâmpadas de vapor por lâmpadas de LED, que possibilitando menor consumo de energia elétrica.

A Figura 24 apresenta o índice de irradiação solar e a média mensal, das instalações da Empresa “K” localizada no terminal portuário de Aratu, no município de Candeias/BA. Destaca-se a média de irradiação solar mensal de 5,01 kWh/m².dia.

Figura 25 - Irradiação solar no plano inclinado (acima) e Irradiação solar diária média mensal (abaixo) em Candeias/BA [kWh/m².dia]



Fonte: CRESESB (2022)

Além disso, realizou-se uma simulação com os dados da Empresa "K" no simulador solar da COELBA, como mostrado na Figura 25. A COELBA, empresa responsável pela distribuição de energia elétrica na região, forneceu as informações, que estão em consonância com os dados de irradiação solar do CRESESB (2022).

Figura 26 – Dados de irradiação solar na localização da Empresa “K”



Fonte: Autores (2022) – Simulador solar Neoenergia (COELBA)

Desta forma, através das análises deste estudo, sugeriu-se então a aplicação das estratégias de P+L a implementação da iluminação tubo solar. Este tipo de tecnologia possibilita a transferência da iluminação natural para o interior da unidade, permitindo assim a economia de energia. A iluminação tubosolar/tuboluz capta, transfere e difunde a iluminação natural para dentro do ambiente. Assim, gerando conforto térmico e iluminação, proporcionando a redução, ou até mesmo o desligamento da iluminação elétrica por até 12 horas durante o horário de verão. Abrangendo o conforto visual e térmico para os colaboradores (FLAMEUS, 2022).

No momento, a Empresa "K" não considerou viável realizar intervenções no telhado para a implementação do projeto de iluminação tubosolar/tuboluz.

Além disso, foi sugerido também a instalação de um sistema fotovoltaico para aproveitamento e conversão de energia solar em eletricidade, tendo em vista a possibilidade de economia com a despesa de energia elétrica para a Empresa "K" a curto prazo. Destaca-se ainda que instalações do tipo GDFV têm vida útil média estimada superior à 20 anos, permitindo assim à empresa o aproveitamento deste investimento por um longo período. Na Tabela 4 são apresentados os dados do consumo de energia elétrica e valores despendidos pela Empresa "K" entre 2017 e 2022.

Tabela 4 – Consumo de energia elétrica (kWh) e valores despendidos pela Empresa “K” entre 2017 e 2022.

| Mês Ano | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez | Total | Média (kWh) |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|----------------|
| | | | | | | | | | | | | | | Valor R\$ |
| 2017 | 7.935 | 10.214 | 10.214 | 11.547 | 15.814 | 13.171 | 13.978 | 13.632 | 16.040 | 8.360 | 5.276 | 7.152 | 133.333 | 11.111 |
| | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ |
| | 6.534,29 | 7.985,41 | 8.985,41 | 9.419,08 | 12.008,34 | 11.033,68 | 11.265,73 | 11.661,55 | 13.251,41 | 7.991,38 | 4.974,47 | 6.692,15 | 111.802,89 | 9.317 |
| 2018 | 5.148 | 8.648 | 15.512 | 14.961 | 17.197 | 10.000 | 13.473 | 26.724 | 11.836 | 8.774 | 8.649 | 8.784 | 149.706 | 12.476 |
| | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ |
| | 4.936,80 | 7.921,13 | 10.083,93 | 10.891,92 | 12.895,79 | 9.955,24 | 9.790,54 | 15.742,31 | 9.729,91 | 7.936,65 | 6.982,21 | 7.947,41 | 114.813,85 | 9.568 |
| 2019 | 4.911 | 10.382 | 17.940 | 15.449 | 15.448 | 11.611 | 11.688 | 14.269 | 14.639 | 21.052 | 14.800 | 9.990 | 162.179 | 13.515 |
| | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ |
| | 5.281,90 | 9.166,09 | 11.120,70 | 10.615,78 | 10.614,70 | 9.487,91 | 9.570,73 | 10.346,66 | 11.744,60 | 18.641,94 | 10.917,76 | 8.744,49 | 126.253,26 | 10.521 |
| 2020 | 8.830 | 18.591 | 26.870 | 26.584 | 24.566 | 28.144 | 18.485 | 18.649 | 16.215 | 18.780 | 17.547 | 18.775 | 242.036 | 20.170 |
| | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ |
| | 9.496,88 | 11.275,30 | 13.318,79 | 12.696,39 | 12.234,94 | 12.973,16 | 10.822,46 | 10.604,15 | 11.301,80 | 10.672,65 | 11.067,01 | 11.416,40 | 137.879,93 | 11.490 |
| 2021 | 10.125 | 10.789 | 10.780 | 15.519 | 17.270 | 15.161 | 12.659 | 16.971 | 17.667 | 23.470 | 24.809 | 20.367 | 195.587 | 16.299 |
| | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ |
| | 14.438,54 | 11.230,19 | 12.200,75 | 9.759,91 | 10.534,04 | 12.104,43 | 11.381,32 | 16.953,33 | 12.485,36 | 15.793,86 | 17.682,67 | 15.972,75 | 160.537,15 | 13.378 |
| 2022 | 9.552 | 8.208 | 14.469 | 9.038 | 7.712 | 7.046 | 12.792 | 6.838 | 9.149 | 7.849 | 11.482 | 10.768 | 114.904 | 9.575 |
| | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ |
| | 15.972,75 | 14.438,54 | 17.978,89 | 13.545,15 | 12.857,12 | 11.975,35 | 16.559,41 | 12.681,97 | 13.463,44 | 12.037,21 | 14.686,63 | 13.478,08 | 169.674,54 | 14.140 |

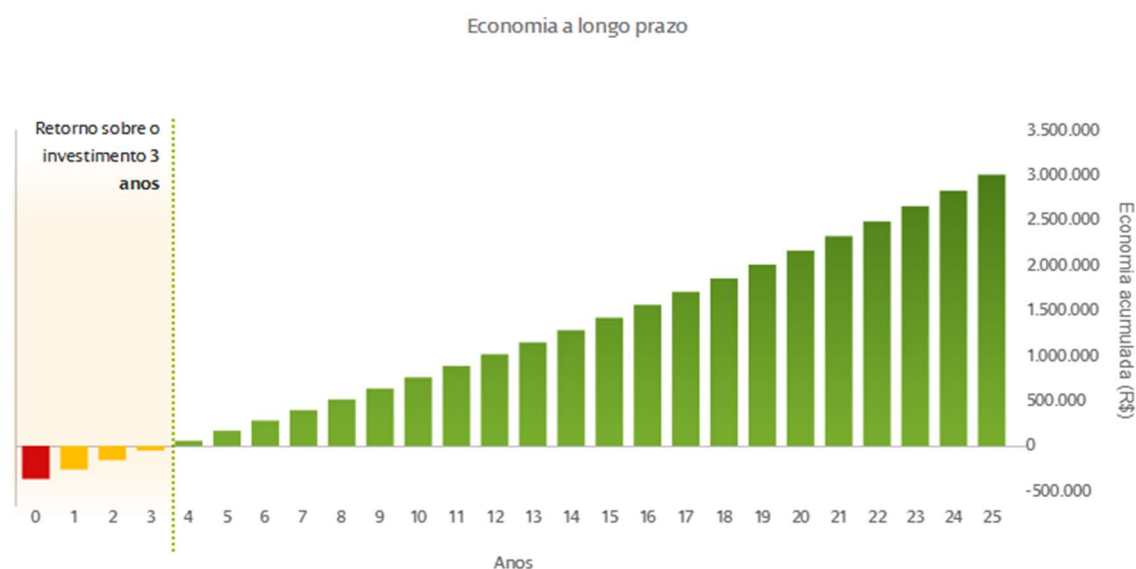
Fonte: Autores (2022)

Através do cálculo da quantidade de painéis solares necessários para a Empresa “K” (Ver Apêndice H), foi possível verificar o *payback* para o investimento. O tempo necessário para retorno do sistema analisado será de um pouco mais que 2 anos.

O Simulador Solar da Neoenergia (COELBA) retornou valores similares aos encontrados para o estudo com dados da Empresa “K”, como mostram as Figuras 27 e 28.

Figura 27 - Dados do *payback* para Empresa “K” (COELBA)

Energia solar como um investimento



Fonte: Simulador Solar da Neoenergia – COELBA (2022)

O investimento possui um *payback* de 3 anos (Figura 28), indicado pelo Simulador Solar da Neoenergia (COELBA), considerando se o investimento fosse atrelado a taxa de Selic de 13,75%, CDI a 13,65%. Além disso, indica que o rendimento anual com o investimento em energia solar será de 33%.

Figura 28 - Dados do investimento em energia solar para Empresa “K” através da COELBA



Fonte: Simulador solar Neoenergia – COELBA (2022)

Relacionado as estratégias de P+L Controle na fonte - Boas Práticas Operacionais (BPO), foi abordado:

a) Foi proposto a confecção de um suporte de PVC para armazenamento e aproveitamento da água do ar-condicionado na área administrativa, como apresentado na Figura 29. A Empresa “K” possui 6 aparelhos nesta área. Agora, a drenagem do condensado residual da unidade de refrigeração pode ser utilizada para a limpeza do próprio espaço. Material utilizado para confecção do reservatório:

- 1 cano em PVC 100mm – 1,20m;
- 2 tampões para cada extremidades do cano, com ligas de vedação;
- 1 torneira de plástico simples para jardim;
- 1 pedaço de mangueira plástica;
- 2 braçadeiras 100mm;
- 4 parafusos e broca para fixar na parede.

Custo aproximando de cada coletor de água - R\$82,50*

A capacidade aproximada de armazenamento para cada coletor é 9,42L, somando um total de quase 57L de água retida nos reservatórios dos equipamentos de ar-condicionado.

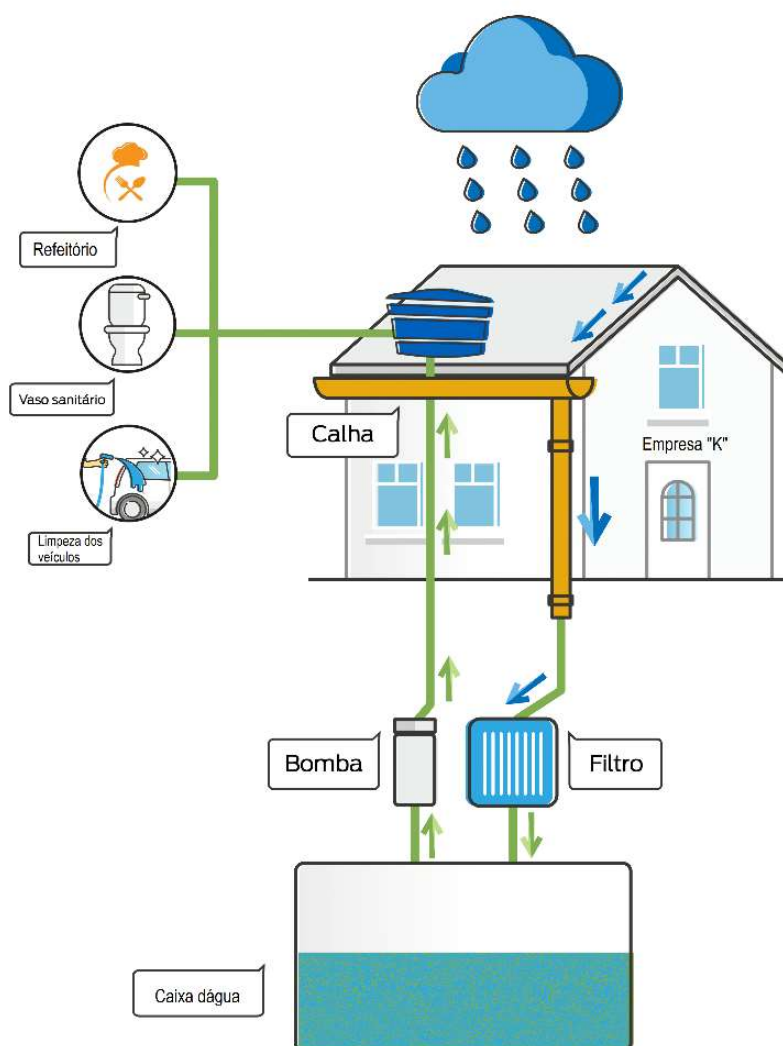
Figura 29 – Coletor para armazenamento/aproveitamento da água do ar-condicionado na Empresa “K”



Fonte: Autores (2022)

- b) Foi proposto a implementação de um sistema de captação e armazenamento de água da chuva, conforme ilustrado na Figura 30. Essa água seria utilizada para diversas finalidades, como descarga de banheiros, limpeza da área administrativa, refeitórios, píer, áreas comuns, lavagem de veículos e estruturas, bem como para fins de combate a incêndios, usos abrangidos pela NBR 15527, substituindo assim o uso de água potável fornecida pela EMBASA. A Tabela 5 apresenta alguns dados para a instalação deste sistema.

Figura 30 – Esquema ilustrativo do sistema captação e armazenagem água pluvial para a Empresa “K”



Fonte: Autores (2022)

Tabela 5 - Materiais e serviços para implementação do projeto para captação e armazenagem da água da chuva

| Material/serviço | Custo* |
|--|---------------------|
| Caixa d'água - 1000L | R\$ 900,00 |
| Boia para caixa d'água | R\$ 90,00 |
| Tubulação PVC (1000m) e acessórios/conexões | R\$ 2.000,00 |
| Filtro para caixa d'água | R\$ 100,00 |
| Bomba autoaspirante com controlador de pressão | R\$ 750,00 |
| Mão de obra (5 dias) | R\$ 1.000,00 |
| Total | R\$ 4.840,00 |

Fonte: Autores (2022)

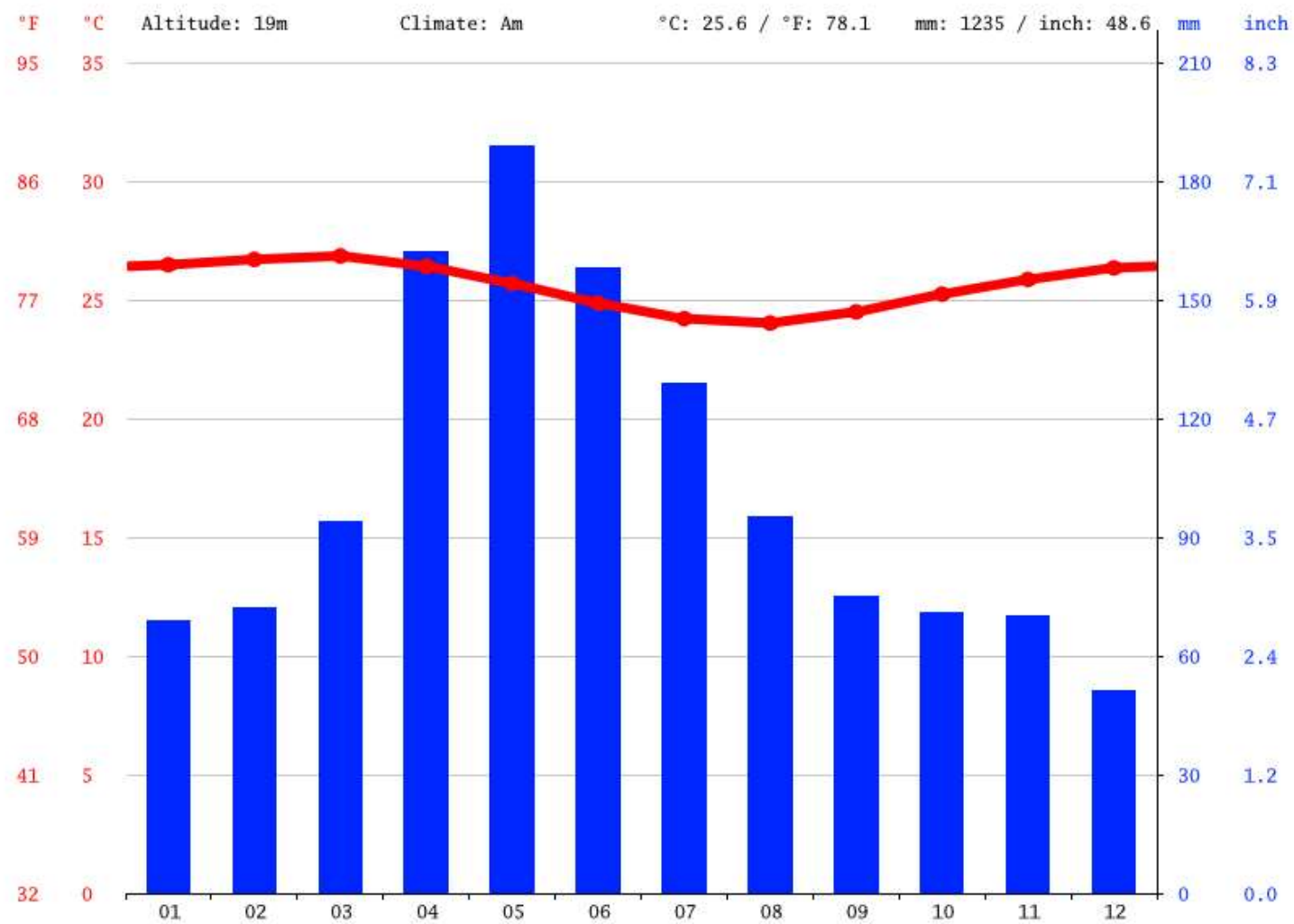
*Empresa “K” dispõe de serviços/materiais de manutenção. Alguns itens já estavam disponíveis no almoxarifado.

Para a instalação da nova caixa, foi necessário apenas alguns reparos e manutenção, atrás área de armazenagem do produto da Empresa “K”. As calhas já existentes irão interligar a nova caixa d’água para a armazenar da água pluvial. Nela deve ser instalada a boia para evitar água ultrapasse o limite máximo, o filtro para impedir que sujeiras caiam da calha e provoquem o entupimento. Na caixa também será instalada a bomba e os canos PVC, direcionados a caixa d’água já existe no telhado da Empresa “K”.

A viabilidade de utilização de águas pluviais para usos não potáveis depende da quantidade de água captável do sistema, que varia de acordo com a área de captação e o volume de armazenamento de água de chuva, sendo influenciada também pelo índice pluviométrico da região e pelo coeficiente de escoamento superficial. Pode-se utilizar a equação: $Vazão\ Q=10-6 \cdot C \cdot I \cdot A/3,6$ [m³/s], que varia de acordo com a área de captação $A=[m^2]$; o Coeficiente de Escoamento Superficial $C=[\%]$ e o Índice Pluviométrico da Região $P=[mm]$, uma vez que a Intensidade da equação pode ser calculada por $I [mm/h] = P[mm]/D[horas]$. Vale ressaltar que o volume necessário de armazenamento $Vol=[m^3]$ é dado pelo produto da Altura de Chuva de projeto $P[mm]$ pela Área $A[m^2]$ de captação.

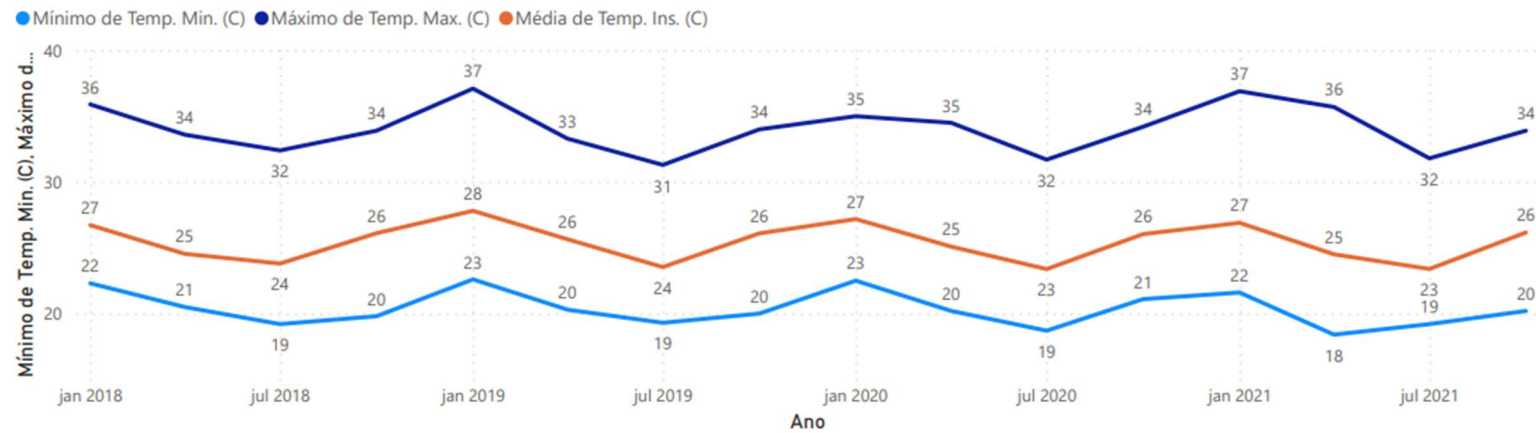
Na Tabela 3, apresentou-se o consumo de água da Empresa “K” no período de 2017 a 2022. Os dados da Figura 31, mostram a média das chuvas e da temperatura nos últimos anos na região metropolitana de Salvador, região em que se encontra a Empresa “K”. O índice da pluviosidade média anual da Região Metropolitana de Salvador (RMS) é de 235mm (CLIMATE.DATA, 2022), (ver Figura 32). A estação meteorológica automática A456, localizada na base naval de Aratu, foi instalada em 2018 (INMET). Entre os meses de Março e Agosto são os períodos com maiores precipitações. Pode-se verificar também um aumento na tendência das chuvas, resultando em um aumento de 12,24% entre março 2018 e dezembro 2021. Corroboram com as informações de irradiações solar, Figura 25. A Figura 33 apresenta a temperatura de Salvador e RMS variam de 22 °C a 31 °C.

Figura 31 - Média das chuvas e da temperatura nos últimos anos na região metropolitana de Salvador



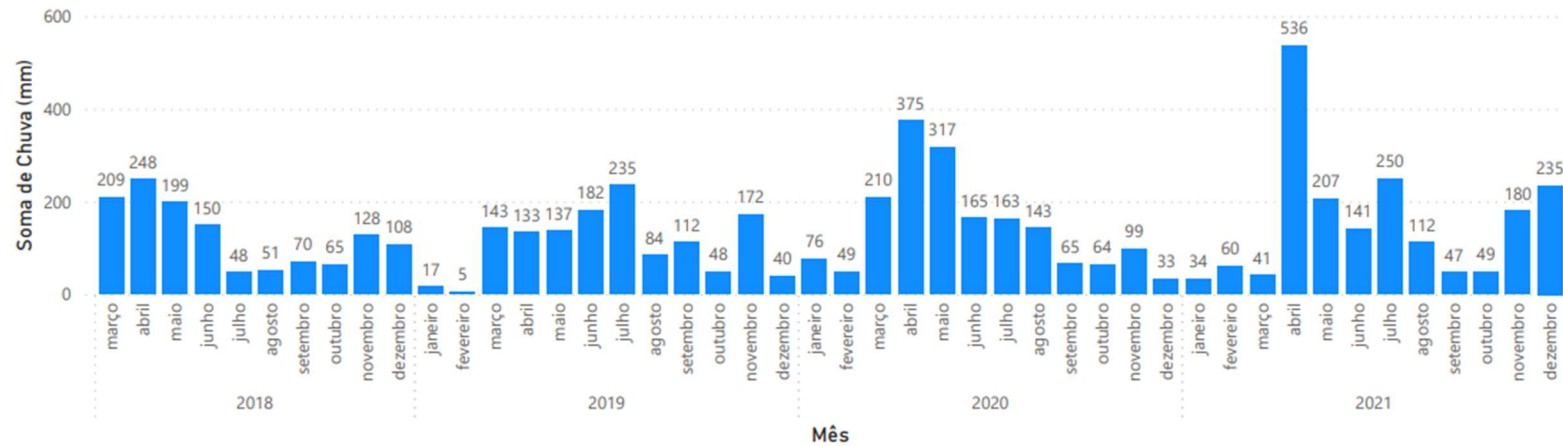
Fonte: CLIMATE.DATA (2022)

Figura 32 - Temperaturas ano e mês na RMS



Fonte: Autores - Dados INMET (2023)

Figura 33 - Somatório índice pluviométrico ano e mês na RMS



Fonte: Autores - Dados INMET (2023)

Foi calculado os custos com a implantação do projeto, Tabela 6 e o VPL (Valor Presente Líquido), Tabela 7, para análises de retorno de projetos. Na Tabela 8, apresenta-se o consumo e os custos com água da Empresa “K” no período de 2017 a 2022.

Tabela 6 - Dados de consumo, custo e economia do projeto para captação e armazenagem da água da chuva na Empresa “K”

| Informações | | Valor | Unidade |
|-------------|---|--------------|---------------------|
| Consumo | Consumo médio mensal água potável | 17 | m ³ /mês |
| | Novo consumo médio mensal de água potável | 15,0 | m ³ /mês |
| Custos | Atual custo médio mensal água potável | R\$ 1.454,17 | R\$/mês |
| | Novo custo mensal água potável | R\$ 1.279,67 | R\$/mês |
| | Custo médio mensal de operação do sistema | R\$ 1.000,00 | R\$/mês |
| | Custo de implementação do sistema | R\$ 4.840,00 | R\$ |
| Economia | Potencial de economia de água potável | 12,0 | % |
| | Economia total gerada | R\$ 174,50 | R\$/mês |

Fonte: Autores (2022)

Tabela 7 - Cálculo o VPL do projeto para captação e armazenagem da água da chuva na Empresa “K”

| Período | Investimento | Taxa (TMA) | Soma Valor Presente |
|---------|----------------|--|---------------------|
| 0 | R\$ (4.840,00) | | R\$ (4.840,00) |
| 1 | R\$ 1.279,67 | | R\$ 1.163,33 |
| 2 | R\$ 1.279,67 | 10% | R\$ 1.057,58 |
| 3 | R\$ 1.279,67 | | R\$ 961,43 |
| 4 | R\$ 1.279,67 | | R\$ 874,03 |
| 5 | R\$ 1.279,67 | | R\$ 794,57 |
| VPL | R\$ 10,94 | | Soma VP |
| | | VPL (VP dos fluxos + Investimento inicial) | R\$ 10,94 |

| | |
|---------|-----------|
| TMA | 10% |
| VPL | R\$ 10,94 |
| PAYBACK | 3,78 |
| TIR | 10% |

Fonte: Autores (2023)

Para esse estudo, considerou-se uma taxa (TMA) de 10% ao mês. Observa-se que o tempo de retorno do investimento é estimado em 4 anos, TIR 10% considerando o projeto viável para captação e armazenagem da água da chuva na Empresa “K”. Mas estima-se um potencial ainda maior de economia de água potável para usos não

potáveis, visto que a área de captação é de aproximadamente 5.000m² e as precipitações na região ocorrem com regularidade. Treinamentos com os colaboradores sob o correto uso da água para os banheiros, tempo de banho ao final do turno, limpeza da área e dos veículos, uso na jardinagem, entre outros foram elaborados, além da implementação de cronograma de manutenção/troca das bacias sanitárias (válvula de descarga).

Tabela 8 - Consumo de água (m³) e valores pagos pela Empresa "K" entre 2017 e 2022.

| Mês Ano | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez | Consumo médio (m³) |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------------------|
| | | | | | | | | | | | | | Custo médio (R\$) |
| 2017 | 35 | 15 | 19 | 22 | 23 | 43 | 17 | 23 | 14 | 18 | 15 | 21 | 22 |
| | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ |
| | 3.053,75 | 1.308,75 | 1.657,75 | 1.919,50 | 2.006,75 | 3.751,75 | 1.483,25 | 2.006,75 | 1.221,50 | 1.570,50 | 1.308,75 | 1.832,25 | 1.926,77 |
| 2018 | 13 | 15 | 12 | 16 | 13 | 16 | 17 | 19 | 18 | 14 | 19 | 18 | 16 |
| | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ |
| | 1.134,25 | 1.308,75 | 1.047,00 | 1.396,00 | 1.134,25 | 1.396,00 | 1.483,25 | 1.657,75 | 1.570,50 | 1.221,50 | 1.657,75 | 1.570,50 | 1.381,46 |
| 2019 | 18 | 24 | 12 | 20 | 25 | 13 | 15 | 21 | 20 | 31 | 20 | 17 | 20 |
| | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ |
| | 1.570,50 | 2.094,00 | 1.047,00 | 1.745,00 | 2.181,25 | 1.134,25 | 1.308,75 | 1.832,25 | 1.745,00 | 2.704,75 | 1.745,00 | 1.483,25 | 1.715,92 |
| 2020 | 16 | 18 | 28 | 26 | 24 | 28 | 18 | 19 | 16 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ |
| | 1.396,00 | 1.570,50 | 2.443,00 | 2.268,50 | 2.094,00 | 2.443,00 | 1.570,50 | 1.657,75 | 1.396,00 | 1.570,50 | 1.657,75 | 1.745,00 | 1.817,71 |
| 2021 | 13 | 12 | 10 | 15 | 17 | 15 | 13 | 17 | 18 | 25 | 24 | 21 | 17 |
| | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ |
| | 1.134,25 | 1.047,00 | 872,50 | 1.308,75 | 1.483,25 | 1.308,75 | 1.134,25 | 1.483,25 | 1.570,50 | 2.181,25 | 2.094,00 | 1.832,25 | 1.454,17 |
| 2022 | 20 | 19 | 28 | 19 | 25 | 34 | 28 | 41 | 40 | 29 | 25 | 28 | 28 |
| | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ | R\$ |
| | 1.167,08 | 1.107,08 | 1.586,03 | 1.067,08 | 1.406,48 | 1.915,20 | 1.615,95 | 2.364,08 | 2.274,30 | 1.675,80 | 1.436,40 | 1.615,95 | R\$ 1.602,62 |

Fonte: Autores (2022)

Referente as estratégias de P+L Tratamento de resíduos - Recuperação de Energia ou material, foi proposto:

- a) O sistema de carregamento e descarregamento tem um conjunto grande de motores elétricos de alta potência, gerando alto consumo de energia elétrica, aumentando a energia reativa. Foi indicado a instalação de um banco de capacitores que atuará na correção do fator potência junto aos equipamentos ligados ao sistema.

5.1 Etapa 5: Plano de implementação e monitoramento e Plano de continuidade para a Empresa “k”

Analisadas e avaliadas junto o gestor da planta e o Ecotime da Empresa “K”, as oportunidades e adequações de P2 e P+L no transporte e armazenamento de granéis sólidos no Porto de Aratu, verificou-se a ordem de prioridade para a implementação das propostas. A partir desta verificação foi possível identificar as barreiras, benefícios de cada sugestão, bem como outras ações complementares foram propostas, como mostra a Tabela 9. Nela são apresentadas o grau de prioridade, sendo a Mudança de tecnologia, a alteração do dispositivo de tração via motor elétrico e cabo de aço pelo locotrator já sendo implementada, trazendo ganhos de segurança operacional, um Valor para a Empresa “K”. Logo em seguida como BPO, a captação e armazenagem da água do ar-condicionado e da água chuva, “aproveitam águas que seriam desperdiçadas”, para um novo uso, reduzindo o consumo de água potável. Como alternativas a longo prazo, foi relacionado, também referente a Mudança de tecnologia, a mudança no sistema/equipamentos de iluminação, que a princípio envolvem custos para a implementação. Seguido da proposta de instalação do banco de capacitores que implicaria na mudança de projeto, que no momento não é de interesse da Empresa “K”.

Tabela 9 – Avaliação e listagem por ordem de prioridade das opções geradas

| P2 e P+L | | Proposta | Barreira | Benefício | Grau de prioridade |
|---------------------------------------|------------------------------------|--|--|---|--------------------|
| | | Troca do dispositivo de tração via motor elétrico e cabo de aço - locotrator | - Dependência de fornecedores. | - Segurança operacional | 1 |
| | Mudança de Tecnologia | Sistema de iluminação | - Mudança no sistema/equipamentos - Custo de implantação | - Energia limpa, de recurso renovável, sem emissão de CO ₂ - Economia na conta de energia elétrica. | 4 |
| Redução na fonte Controle na fonte | | Captação e armazenagem da água do ar-condicionado para limpeza | - Treinamento e mudança de mentalidade dos colaboradores às novas práticas. | - Evita o consumo de água potável quando não é necessário | 2 |
| | Boas práticas de operação | Captação e armazenagem de água da chuva, para descarga de banheiros, limpeza da área administrativa, refeitórios, pátio, áreas comuns, lavagem de veículos e superestruturas, combate a incêndio, etc. | - Mudança no sistema/equipamentos - Treinamento e mudança de mentalidade dos colaboradores às novas práticas. | - Economia na conta de água. | 3 |
| Tratamento de resíduos | Recuperação de energia ou material | Instalação de banco de capacitores | - Implica em mudança de projeto, o que às vezes não é interessante para a empresa. | - Correção do fator potência junto aos equipamentos do sistema da empresa | 5 |

Fonte: Autores (2022)

Foram realizados treinamentos, com os colaboradores da Empresa “K”, para apresentação das estratégias para as mudanças e implementações de algumas ações.

Neste momento, algumas outras sugestões de ações complementares foram sugeridas para a implementação:

- Redução no consumo de energia
 - Instalação de detectores de movimento
 - Revisão no calendário das manutenções dos equipamentos

- Resíduos sólidos:
 - Retreinamento em reciclagem
 - material orgânico – adubagem da área verde/jardim

- Revisitar o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) da unidade

Conscientização e treinamento recorrentes desempenham um papel crucial no aumento do engajamento dos funcionários. Ao comunicar a visão e as práticas a serem adotadas pela empresa, eles proporcionam motivação para a implementação da Produção mais Limpa entre os colaboradores (Fernández, 2003). Houve a definição com o gestor da planta da Empresa “K” do Plano de monitoramento e do Plano de Continuidade. A evolução da implementação do Programa P+L passarão a fazer parte do cronograma de auditorias, junto ao Programa de Qualidade que a mesma já possui.

5.2 FATOR 10, ODS E ESG

Ao pensar em sustentabilidade é necessário identificar estratégias para aumentar a ecoeficiência dos processos e produtos em várias ordens de grandeza. Cada vez mais o mercado vem exigindo que as empresas tenham processos sustentáveis e as certificações que acompanham essa demanda (SEBRAE, 2016). A Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE) tem divulgado o conceito de Fator 10 no sentido de chamar a atenção da sociedade para a necessidade de se aumentar o ritmo de melhoria da produtividade dos recursos

naturais (Kiperstok, *et al.* (2002) *apud* Cinq-Mars, 1997; Peneda & Frazao, 1997; Schmidt-Bleek, 1997; Carr-Harris, 1997).

Na Empresa “K” foram identificadas algumas oportunidades de P+L, já elencadas neste estudo. Das propostas apresentadas, a equipe – o *Ecotime* é um ponto estratégico, para obtenção do Fator 10. As ações relacionadas ao treinamento que abordaram o uso consciente e eficiente dos recursos: água e energia, gerenciamento dos resíduos, destacam-se neste quesito. Ações e projetos que visem reduzir impactos ambientais, processos mais sustentáveis e eficientes, contribuem para Atingir o Fator 10.

A Empresa “K” se preocupa com os parceiros e comunidade, e tem como um dos princípios criar uma sociedade mais justa, resiliente e sustentável. Neste sentido vem desenvolvendo projetos nos últimos anos relacionados aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). O ODS – 9 - Indústria, Inovação e Infraestrutura já faz parte seu portfólio. Assim a meta 9.4 – Brasil – “Até 2030, modernizar a infraestrutura e reabilitar as atividades econômicas para torná-las sustentáveis, com foco no uso de recursos renováveis e maior adoção de tecnologias e processos industriais limpos e ambientalmente adequados” corrobora com o programa de implementação do projeto de P+L, com a mudança no sistema/equipamentos de iluminação, assim a empresa ajudará no cumprimento da Agenda 2030.

Dentre outras ações e práticas que a Empresa “K” já pratica e com a implementação do programa de P+L, contribuirá ainda entre os padrões e boas práticas que hoje caracterizam uma empresa com governança ambiental, social e corporativa (ESG).

Os desafios de sustentabilidade são muitos, mas a Empresa “K” está incorporando essa filosofia no seu propósito, cultura e processos corporativos. Essa transformação é evidente ao analisar o Plano de Implementação e Monitoramento e o Plano de Continuidade apresentado a Empresa “K” (Ver Tabela 9), as ações propostas com grau de prioridade 1 a 4, já foram validadas pela gestão e estão em fase de finalização de implementação. A empresa reconheceu a complexidade, mas abraçou de forma determinada rumo a um processo mais sustentável.

6. CONCLUSÕES

De modo a prevenir impactos, as empresas buscam implementar práticas ambientais através de metodologias em seus negócios, considerando os pontos socioambientais em suas normas, comprometimento e consciência de seus colaboradores. E o mercado valoriza aquelas que se dedicam a cuidar e preservar o meio ambiente.

A avaliação das medidas e propostas para a implementação do programa de P+L identificadas na Empresa “K” contribuirão para a otimização e a produtividade da operação. Foi possível verificar que o projeto trará mais eficiência e qualidade nas atividades, sendo que a ferramenta é adaptável a várias outras atividades do processo.

Ações que protejam o colaborador, garantam a saúde, integridade e bem-estar dentro do espaço de trabalho, são valorizados dentro das empresas. Além de promoverem a participação e envolvimento dos colaboradores, motivam e mostram representatividade dentro da operação. Assim foi com a formação do Ecotime e as propostas de P+L para a Empresa “K”. Ganhos de melhora de processo foram percebidas pelo gestor da planta no período do projeto.

A avaliação das medidas de P+L implementadas, com as propostas para reutilização da água do ar-condicionado e da chuva diminuem/evitam o consumo de água potável e proporcionam a economia de 12% no uso do recurso, além de menor valor para esta despesa, com retorno estimado em 4 anos para o investimento. Já a utilização da energia solar, apresentando uma proposta de um sistema de geração distribuída solar fotovoltaica (GDFV), com o *payback* de um pouco mais de 2 anos que viabilizará a redução do uso de recursos de fonte não renovável. A localização geográfica da Empresa “K” permite a instalação de sistemas de energia limpa para a geração de energia elétrica no local, sendo um projeto econômico, rentável e sustentável.

Os investimentos necessários para a implementação do projeto estão interligados ao desenvolvimento e melhora da empresa e do setor. Com a concretização do programa de P+L estima-se que acarretará um menor consumo dos recursos, menor ou mesmo a não geração de resíduos, ganhos na operação, benefícios econômicos para a empresa, além de maior competitividade, boa imagem frente ao mercado em relação a gestão e qualidade ambiental.

É necessário também o interesse político, engajamento das instituições públicas e privadas para com a comunidade, para a adoção de procedimentos e inserção de políticas públicas em prol de ações para a melhoria dos processos relacionada a sustentabilidade.

A implementação de medidas de P+L promove a otimização dos processos produtivos, aumentando a eficiência e a produtividade, reduzindo o consumo de recursos naturais, como água e energia elétrica, resultando em economia de custos operacionais. Através do P+L, a Empresa “K” demonstra seu compromisso com a sustentabilidade uma abordagem estratégica e inteligente para a gestão empresarial, proporcionando benefícios econômicos, ambientais e sociais significativos.

6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Recomenda-se a implementação de ações adicionais futuras que podem trazer ainda mais benefícios econômicos, sociais e ambientais a Empresa “K”. Estudos futuros devem ser feitos sobre a Recuperação de Energia: instalação de um banco de capacitores, instalados junto ao equipamento que está gerando o baixo fator de potência. Ao corrigir o fator na causa, o banco de capacitores reduz as perdas de energia em toda a instalação elétrica da empresa reduzindo o fluxo de potência reativa na rede e as perdas de potência ativa, a energia elétrica.

Para evitar a poluição ambiental, a instalação de supressor de pó na movimentação do material evitará a dispersão do pó na descarga do produto, bem como a adição de correias transportadoras nas baias do armazém, de modo a suprimir o uso de pás carregadeiras durante o processo de carregamento e impactando diretamente a produtividade na transferência da carga armazenada dentro das baias do galpão, para a correia principal de carregamento.

Deve-se verificar e quantificar entre os resíduos gerados no processo, aqueles que podem ser reaproveitados.

O acompanhamento do *payback* das propostas apresentadas deve ser monitorado, de modo a validar o investimento, qualificando e analisando os projetos, propondo novos, para trazer ainda mais melhorias e mudanças para a Empresa “K”.

REFERÊNCIAS

ABIDEEN, Ahmed Zainul; SOROOSHIAN, Shahryar; SUNDRAM, Veera Pandiyan Kaliani; MOHAMMED, Ahmed. *Collaborative insights on horizontal logistics to integrate supply chain planning and transportation logistics planning – A systematic review and thematic mapping. Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, Volume 9, Issue 2, 2023.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Sistema de informações de geração SIGA. Agosto. 2022

ANTAQ. **Análise da movimentação de cargas nos portos organizados e terminais de uso privativo.** Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br/Portal/Portosprivados.asp>>: Acesso em: julho 2020

ANTAQ. **IDA – Índice de Desempenho Ambiental.** Disponível em <http://www.antaq.gov.br/Portal/MeioAmbiente_IDA.asp>: Acesso em: outubro 2021

ANTAQ. **Movimentação portuária cresce no primeiro semestre.** Disponível em: <<https://www.gov.br/antaq/pt-br/noticias/2021/movimentacao-portuaria-cresce-9-4-no-primeiro-semester>> Acesso em: janeiro 2022

ANTF. **Mapa Ferroviário.** Disponível em: < <https://www.antf.org.br/mapa-ferroviario/>> Acesso em: janeiro 2022

BRASIL, Daniel. **Transporte Intermodal e Multimodal: Saiba a diferença e vantagens.** Disponível em: <<https://www.hivecloud.com.br/post/transporte-intermodal-e-multimodal/>>. Acesso em: jan. 2023.

BRASIL, MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2021. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/>> Acesso em: setembro 2021.

BRASIL. Lei nº 12.815/2013, 5 de junho de 2013 - Lei dos Portos

BRASIL. Lei nº 6.938/1981, de 31 de agosto de 1981 - Lei da Política Nacional do Meio Ambiente

BRASIL. Lei nº 8.630/93, de 25 de fevereiro de 1993 - Lei de Modernização dos Portos

BRAZILUZ. Disponível em: <<https://braziluz.com.br/empresa.html>>. Acesso em: out. 2022.

CAIS DO PORTO: **200 anos da abertura dos portos.** Disponível em:<<http://caisdoporto.com/2008/02/25/200-anos-da-abertura-dos-portos/>>. Acesso em: maio 2008.

CARDOSO, D. S.; Locatelli, P. S.; Ramalho, W.; Asgary, N. *Distributed Generation Of Photovoltaic Solar Energy: Impacts Of Aneel's New Regulation Proposal On Investment Attractiveness*. Rev. Adm. UFSM 14 (2) - Apr-Jun 2021 - <https://doi.org/10.5902/1983465961993>

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental 2002
Manual De Implementação De Um Programa De Prevenção À Poluição. SÃO PAULO.

CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito. Disponível em
<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&cid=tutorial_solar>
Acesso em: maio 2022

CHEN, C. *Changes in the supply of bauxite in China and its impact on alumina companies*. **China Nonferrous Metals**, 2018.

CHO, Geun-Ho; KIM, Eun-Hee; JUNG, Yeon-Gil; BYEUN, Yun-Ki. *Improving oxidation resistance and fracture strength of MgO–C refractory material through precursor coating*. **Surface and Coatings Technology**, 2014

CLIMATE.DATA. Clima Salvador: Temperatura, Tempo e Dados climatológicos Salvador. Temperatura da água Salvador - Climate-Data.org. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/bahia/salvador-854/>>. Acesso em: jun. 2022.

CNT. **Plano de Transporte e Logística**. Disponível em <<https://planotransporte.cnt.org.br/>> Acesso em: janeiro 2022

CNTL – **Centro Nacional de Tecnologias Limpas** (2003). Implementação de Programas de Produção mais Limpa. UNIDO/UNEP/CNTL/SENAI. Porto Alegre: Centro Nacional de Tecnologias Limpas. 42 p

CODEBA. **Porto Aratu Apresentação**. Disponível em: <https://www.codeba.com.br/eficiente/sites/portalcodesba/pt-br/porto_aratu.php?secao=porto_aratu_apresentacao> Acesso em: dezembro 2021.

COLOMBO, L. A. **Avaliação de investimentos utilizando opções reais em uma indústria de transformação**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade de Caxias do Sul, Bento Gonçalves, 2019

DA SILVA, Rafael Ribeiro Madeira. **Análise da capacidade portuária brasileira nas exportações de minério de ferro e grãos**. Projeto de Graduação – UFRJ/ Escola Politécnica/ Curso de Engenharia Civil. Rio de Janeiro, 2013.

DIXIT, Aasheesh; JAKHAR, Suresh Kumar; KUMAR, Patanjali. *Does lean and sustainable manufacturing lead to Industry 4.0 adoption: The mediating role of ambidextrous innovation capabilities*. **Technological Forecasting and Social Change**, 2021.

EPA. **UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY**. *Cases in Water Conservation: How Efficiency Programs Help Water Utilities Save Water and Avoid Costs*. Washington, 2002. 49 p. Disponível em: <<http://www.epa.gov/>>. Acesso em: jun. 2022.

FAHDI, Soukaina; ELKHECHAFI, Mariam; HACHIMI, Hanaa. *Machine learning for cleaner production in port of Casablanca*. **Journal of Cleaner Production** Volume 294, 20 April 2021, 126269

FERNÁNDEZ, E.; JUNQUERA, B.; ORDIZ, M. *Organizational culture and human resources in the environmental issue: a review of the literature*. **International Journal of Human Resources Management**, v, 14, p. 634-656, 2003.

FLAMEUS IT. **Sistema de Iluminação Natural | Levando a revolução da luz do dia | Rio de Janeiro**. Disponível em: <<https://www.portalporta.com.br/sistema-iluminacao-natural>>. Acesso em: out. 2022.

FM2S. **Apostila Certificação Lean Seis Sigma Yellow Belt** [livro eletrônico]. - Campinas, SP : FM2S Educação e Consultoria, 2022. PDF ISBN 978-65-80624-08-9

FRAGOSO, V. **Apostila do curso: Formação de auditor interno integrado**. Rio de Janeiro: Sig consultoria & Auditoria Ltda, 2010

FU, Lvping; GU, Huazhi; HUANG, Ao; ZHANG, Meijie; WU, Jianfang. *Fabrication of CaO–MgO–Al₂O₃ materials from metallurgical waste industrial residue and their potential usage in MgO–C refractories*. **Ceramics International**, 2019

GARCIA-FERNANDEZ, Berta; OMAR, Osama; *Integrated innovative solar lighting system for optimization of daylight utilization for public library in Alexandria, Egypt*, **Ain Shams Engineering Journal**, 2022

HARRINGTON, Paul R. *The economics of water demand management*. In: BUTLER, David; MEMON, Fayyaz (Ed.). **Water Demand Management**. London: Aliance House, 2006. cap. 10, p. 236-275.

INFRAESTRUTURA: **Ministério entregará planos de logística até 2050**. Disponível em: <<https://www.paranacooperativo.coop.br/ppc/index.php/sistema-ocepar/comunicacao/2011-12-07-11-06-29/ultimas-noticias/130948-infraestrutura-ministerio-entregara-planos-de-logistica-ate-2050>>. Acesso em: 13 jul. 2022.

INMET. **Clima**. Disponível em: <<https://clima.inmet.gov.br/prec>>. Acesso em: 25 jun. 2022

JÚNIOR, P. **Produção e Produtividade: conheça as suas diferenças e como elas impactam no seu negócio.** Disponível em: <https://polijunior.com.br/blog/producao-e-produtividade/?gclid=CjwKCAjwzJmlBhBBEiwAEJyLu_3TWKwa78NkmpE2j0kCGIOo k6kHRfzHwRCFngeJ8jBNMzj_IsTNABoCStwQAvD_BwE>. Acesso em: jan. 2023.

KIPERSTOK, Asher *et al.* **Prevenção da poluição.** Brasília: SENAI/DN, 2002. 290 p.

KIPERSTOK, Asher. CHEUNG, Peter B. COHIM, Eduardo. ALVES, Wolney Castilho. PHILIPPI, Luiz S. ZANELLA, Luciano. ABE, Narumi. GOMES, Heber P. SILVA, Benedito C. PERTEL, Mônica. GONÇALVES, Ricardo Franci. **Consumo de Água.** In: GONÇALVES, Ricardo Franci. (Org.) *Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água.* Rio de Janeiro: ABES, 2009. cap.2, p 36-98

KLEMES, JJ. Varbanov, P. S. Huisingh D. *Recent cleaner production advances in process monitoring and optimisation.* **Journal of Cleaner Production**, 2012

LI, Yichong; ZHAO, Huizhong; MA, JiuHong; WANG, Yu; ZHANG, Han; YU, Jun; LI, Feng; LIU, Yanli. *Evaluation of remelting low-fluxing ferrotitanium slag as a potential refractory raw material: Thermal characteristics and stability,* **Ceramics International**, 2022.

LIU, C.; PECHT, M.G.; SCALISE, J.A. *Electronic Packages: Quality and Reliability,* **Encyclopedia of Materials: Science and Technology**, Elsevier, 2001.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. **Hidrovias: Transporte Aquaviário. 2022.** Disponível em: < <http://www.transportes.gov.br/transporte-aquaviario.html> >. Acesso em: janeiro, 2022.

MIRANDA, G. P. Contabilidade Social: Gerenciamento de resíduos sólidos frente à lei 12.305/10. **Revista Eletrônica da Faculdade de Alta Floresta**, v. 3, n. 2, 2014.

MONTGOMERY, Douglas, C. **Introduction to Statistical Quality Control, Seventh Edition.** 2016

MUKISA, Nicholas; ZAMORA, Ramon; LIE, Tek Tjing; *Store-on grid scheme model for grid-tied solar photovoltaic systems for industrial sector application: Benefits analysis,* **Renewable Energy**, Volume 171, 2021

MUÑOZ, I.; SOTO, A.; MAZA, D. *Life cycle assessment of refractory waste management in a Spanish steel works.* **Waste Manag.**, 2020

MURAKAMI, Hideki; MATSUSE, Yukari. *Dynamic Analysis of Product Lifecycle and Sea/Air Modal Choice: Evidence of Export from Japan.* **The Asian Journal of Shipping and Logistics.** 2014

NBR 5626:2020 - Instalação predial de água fria.

NBR 10844:1986 - Instalações prediais de águas pluviais

NBR 15527:2019 – Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis — Requisitos

NEOENERGIA. Disponível em: <<https://simuladorsolar.neoenergiacomercializacao.com.br/simulador>>. Acesso em: out. 2022.

MARTINS, Erivaldo; TEIXEIRA, João Paulo; LUIZA, Elizabeth. **Padrão de produção e consumo**. Disponível em: <<https://www.webartigos.com/artigos/producao-e-consumo-sustentavel/145787>>. Acesso em: jan. 2023.

PDZ. **Plano de Desenvolvimento e Zoneamento dos Portos de Salvador e Aratu-Candeias**. Companhia das Docas do Estado da Bahia (CODEBA). 2022

PEREIRA, C. S.; RODRIGUES, M. O. S.; BARROS, C. L. S.; ALMEIDA, B. L. N.; DIOGO, M. L. S. A.. *Identification of environmental impacts caused by release of waste in the Itapecuru River*. **Nature and Conservation**, v.13, n.2, p.58-66, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2318-2881.2020.002.0006>

PEREIRA, E. B.; Martins, F. R.; Abreu, S. L. de.; Rütther, R. Atlas brasileiro de energia solar. 2.ed. -- São José dos Campos: INPE, 2017

PNCDA. **Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água**. Banco de dados. Brasília, 2008c. Disponível em: <www2.cidades.gov.br/PNCDA/default.asp?Link=Exemplos> . Acesso em: jul. 2022.

POCHWAŁA, Tamara; KUSIOROWSKI, Robert; ŚLIWA, Andrzej; PSIUK, Bronisław. *Modification of the microstructure of refractory materials by the impregnation process*. **Ceramics International**, 2021

REMENCOVÁ, T.; SEDLÁČKOVÁ, Alena Novák . *Modernization of Digital Technologies at Regional Airports and its Potential Impact on the Cost Reduction*. **Transportation Research Procedia**, v. 55, p. 18–25, 1 jan. 2021.

REN, Wanxia; XUE, Bing; LU, Chengpeng; ZHANG, Zilong; ZHANG, Yunsong; JIANG, Lu. *Evaluation of GHG emissions from the production of magnesia refractory raw materials in Dashiqiao, China*. **Journal of Cleaner Production**, 2016

RIBEIRO, L.O.M. e BOENTE, A.N.P. (2014). **A Intermodalidade e o Transporte de Carga no Brasil: Uma Visão de Aplicabilidade na Lógica Fuzzy**. In: XVII SIMPOI,

Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais. Fortaleza, 2014, vol. 1, p. 1

RIBEIRO, J. L. D.; Cate, C. S. Ten. Cartas de Controle para Variáveis, Cartas de Controle para Atributos, Função de Perda Quadrática, Análise de Sistemas de Medição. Série monográfica Qualidade - Controle Estatístico do Processo - Porto Alegre: FEENG/UFRGS, 2012. 172p. (Série Monográfica Qualidade) ISBN 85-88085-10-0 Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. III. Título. IV. Série CDU519.2. 2012 ROCHA, Lisiane Kleinkauf da. **A Simbiose Industrial aplicada na interrelação de empresas e seus stakeholders na cadeia produtiva metal-mecânica na Bacia do Rio dos Sinos** / Dissertação (mestrado) — Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2010.

RODRIGUES, C. **Gráfico de Controle da Qualidade: Análise do processo em uma microempresa de Teresina – PI.** Disponível em: <<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-de-producao/grafico-de-controle>>. Acesso em: 13 jun. 2022.

ROSA, A. R. O.; Gasparin, F. P. Panorama da Energia Solar Fotovoltaica no Brasil. **Revista Brasileira de Energia Solar**. Ano 7. Volume VII Número 2. 2016

SATURNINO, A.; JABBOUR, C.J.C. *Guidelines for improving the adoption of cleaner production in companies through attention to nontechnical factors: a literature review. African Journal on Business Management*. v. 4, p. 4217-4229, 2010.

SCHACHT C.A. *Thermomechanical considerations for refractory linings Refractories Handbook (First), Mechanical Engineering - A Series of Textbooks and Reference Books*, Marcel Dekker, Inc., New York, NY. 2004

SADIK; Chaouki, AMRANI, I.E.E.; ALBIZANE, A. *Processing and characterization of alumina-mullite ceramics Journal of Asian Ceramic Societies*, 2014.

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

SDE. **No dia do sol Bahia comemora liderança nacional na geração de energia solar**. Disponível em <<http://www.sde.ba.gov.br/index.php/2022/05/03/no-dia-do-sol-bahia-comemora-lideranca-nacional-na-geracao-de-energia-solar-com-307/>>. Acesso em 17/05/2022.

SADLER, B. *Environmental Assessment in a Changing World: Evaluating Practice to Improve Performance. International Study of the Effectiveness of Environmental Assessment*. Ottawa, 1994

SAFE. **Indústria e meio ambiente: saiba TUDO sobre os impactos desta interação!** Disponível em: <<https://blog.safesst.com.br/industria-e-meio-ambiente-quais-os-impactos/>>. Acesso em: jan. 2023.

- SANTOS, André Phellipe Almeida; GONÇALVES, Bruna Raeder **A Sustentabilidade aplicada ao cenário portuário brasileiro**. Monografia de Projeto Final 2 - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. ENC/FT/UnB, Distrito Federal, 2016
- SANTOS, Daniela Coelho Dos. **A infra-estrutura do complexo portuário do Vale Do Itajaí (Itajaí/Navegantes)**. Monografia do Curso de Comércio Exterior do Centro de Ciências Sociais Aplicadas – Gestão da Universidade do Vale do Itajaí. 2008
- SANTOS JÚNIOR, Lindolfo Alves dos. **Gestão de custos e análise de viabilidade financeira** – São Paulo: Platos Soluções Educacionais S.A., 2021
- SANTOS, Luiz Carlos Alcântara. **Gestão da água em edificações públicas: a experiência no prédio da Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A.- EMBASA/**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) - Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica - Salvador, 2010.
- SANTOS, Patrício Rinaldo dos; CHINCHILLA, Sisgo Rachith Acuña. **Promoção de políticas públicas mediante pesquisas em tratamento e reúso de esgoto em Ibimirim -PE**, Conference: II Workshop Internacional Sobre Água No Semiárido Brasileiro. 2015
- SEBRAE. Minha Empresa Sustentável. Centro Sebrae de Sustentabilidade – Cuiabá: 2016. Disponível em: <[http://sustentabilidade.sebrae.com.br/Sustentabilidade/Para%20sua%20empresa/Publica%C3%A7%C3%B5es/Padarias_ONLINE%20\(1\).pdf](http://sustentabilidade.sebrae.com.br/Sustentabilidade/Para%20sua%20empresa/Publica%C3%A7%C3%B5es/Padarias_ONLINE%20(1).pdf)> Acesso em: agosto de 2022.
- SEP. **Gestão Ambiental**. 2021. Disponível em: <<http://www.portosdobrasil.gov.br/assuntos-1/meio-ambiente>>. Acesso em: dezembro, 2021
- SILVA, D., PRUSKI, F. F. **Gestão de recursos hídricos: aspectos legais, econômicos e sociais**. Brasília, 2000.
- SILVA, D. A. L.; DELAI, I.; DE CASTRO, M. A. S.; OMETTO, A. R. *Quality tools applied to Cleaner Production programs: a first approach toward a new methodology*. **Journal of Cleaner Production**, v. 47, p. 174-187, 2013.
- SOLATUBE. Disponível em <<https://solatube.com/>> Acesso em: março 2022.
- SOLURI, Daniela; NETO, Joaquim. **SMS: fundamentos em segurança, meio ambiente e saúde**. 1ª edição. Rio de Janeiro: LTC. 2015.
- SOTO, E. A.; ARAKAWA, K; B., LB. *Identification of target market transformation efforts for solar energy adoption*. **Energy Reports**, 2 March 2022.

STEPHANOU, João. **Gestão de resíduos sólidos: um modelo integrado que gera benefícios econômicos, sociais e ambientais.** Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/sustentabilidade/?cat=15>>. Acesso em: janeiro 2022.

STONE, L. *Limitations of cleaner production programs as organizational change agents. I. Achieving commitment and on-going improvement.* **Journal of Cleaner Production**, v.14, p. 1- 14, 2006.

SUTCU, Mucahit.; AKKURT, Sedat; OKUR, Salih. *A microstructural study of surface hydration on a magnesia refractory.* **Ceramics International** 36 (2010) 1731–1735

TEIXEIRA, Lucas; GILLIBERT, Jean; SAYET, Thomas; BLOND, Eric. *A creep model with different properties under tension and compression — Applications to refractory materials.* **International Journal of Mechanical Sciences**, 2021

TOKTAŞ-PALUT, Peral. *Analyzing the effects of Industry 4.0 technologies and coordination on the sustainability of supply chains.* **Sustainable Production and Consumption**, 2021

ZILLES, Roberto; MACÊDO, Wilson Negrão, GALHARDO, Marcos André Barros; OLIVEIRA, Sérgio Henrique Ferreira de. **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica.** Oficina de Textos. 2012. 208 p. ISBN: 978-85-7975-052-6

ZHOU, Mingxi; ZHOU, Hao. *Experimental investigation and numerical modeling of strength properties of iron ore sinter based on pilot-scale pot tests and X-ray computed tomography.* **Journal of Materials Research and Technology**, 2020.

APÊNDICE A - O SINTER, UTILIZAÇÃO E IMPORTÂNCIA NA INDÚSTRIA

O material refratário é utilizado em revestimentos nas siderúrgicas em seus altos fornos, incineradores e reatores, tanto para mercado interno como externo. São materiais projetados para trabalhar em altas temperaturas e outros campos onde uma combinação de estabilidade química e mecânica é primordial (Teixeira, 2021). Na produção de aço, cimento, vidro, cobre, entre outros materiais processados em altas temperaturas, o objetivo dos revestimentos refratários é proteger os vasos utilizados no processo produtivo, normalmente de aço, do superaquecimento e consequente falha mecânica, bem como para controlar as perdas de calor do processo (Schacht, 2004).

Segundo Zhou (2020), o sinter é um material granulado heterogêneo, poroso e redutível que serve como principal recurso utilizado em altos-fornos. A magnésia ou óxido de magnésio (MgO) é a matéria-prima principal utilizada na fabricação de refratários básicos. Pode ser obtida a partir da magnesita (MgCO₃) ou da água do mar (via MgCl₂), sendo oferecidas no mercado na forma de grãos sinterizados ou eletrofundidos (Sutcu, 2010). A rocha de magnesita (MgCO₃), usada como matéria-prima, é extraída e transportada para fábricas de magnésia. Em seguida, a magnesita é convertida em MgO pela aplicação de calor para expulsar o CO₂, convertendo o carbonato em óxido. O minério é calcinado em fornos contínuos rotativos ou bateladas verticais em diferentes temperaturas. A energia para calcinação é derivada da combustão de carvão, gás ou óleo pesado.

O desempenho superior dos refratários MgO-C é atribuído principalmente à sua alta condutividade térmica e baixa molhabilidade de seu conteúdo de carbono. Essas propriedades são alcançadas pelo uso de grafite como fonte de carbono no MgO-C. No entanto, o grafite no MgO-C é altamente vulnerável à oxidação, o que causa uma deterioração nas propriedades mecânicas (CHO, 2014). Uma característica do material refratário é a sua baixa resistência a água. A umidade do ar e/ou água reagindo com MgO, faz com que o insumo sofra hidratação, perdendo sua propriedade de material refratário tornando-o incapaz de manter sua resistência a altas temperaturas (Fu, 2019)

A indústria siderúrgica que consome cerca de 70% de material refratário silicoaluminosos, que são feitos de materiais relativamente baratos em comparação com outros materiais refratários mais caros à base de carbono, zircão, zircônia e

alguns materiais eletrofundidos (Sadik, 2014). A transformação de matérias-primas em produtos siderúrgicos acabados envolve processos de alta temperatura, e diferentes recipientes revestidos com refratários são utilizados para conter os metais fundidos, como altos-fornos, fornos a oxigênio básico (BOFs), fornos elétricos a arco (EAFs), panelas e *tundish*. Dentre essas aplicações, a panela de aço tem considerável importância, pois é utilizada na metalurgia, onde já foi empregado considerável tempo e recursos financeiros no processo produtivo, sendo responsável por um consumo não desprezível de refratários. A integridade da panela é de fundamental importância para a segurança do local de produção, pois transita entre outros equipamentos e trabalhadores, transportando aço fundido, e uma falha pode levar a sérias consequências (Teixeira, 2021).

De acordo com Muñoz (2020), um volume considerável de produtos refratários é consumido a cada ano devido ao desgaste mecânico e à erosão da escória, o que tem levado a uma grande demanda por matérias-primas refratárias. Como material de revestimento de fornos de alta temperatura, os materiais refratários possuem propriedades mecânicas adequadas para suportar as tensões complexas e severas causadas pelo gradiente de temperatura e carregamento mecânico. Dentre os mecanismos de desgaste de refratários em processos metalúrgicos, predominam a erosão causada pelo escoamento do aço e a corrosão química relacionada à penetração de metais líquidos e escórias nos produtos durante um longo período de fundição do aço (Pochwała, 2021).

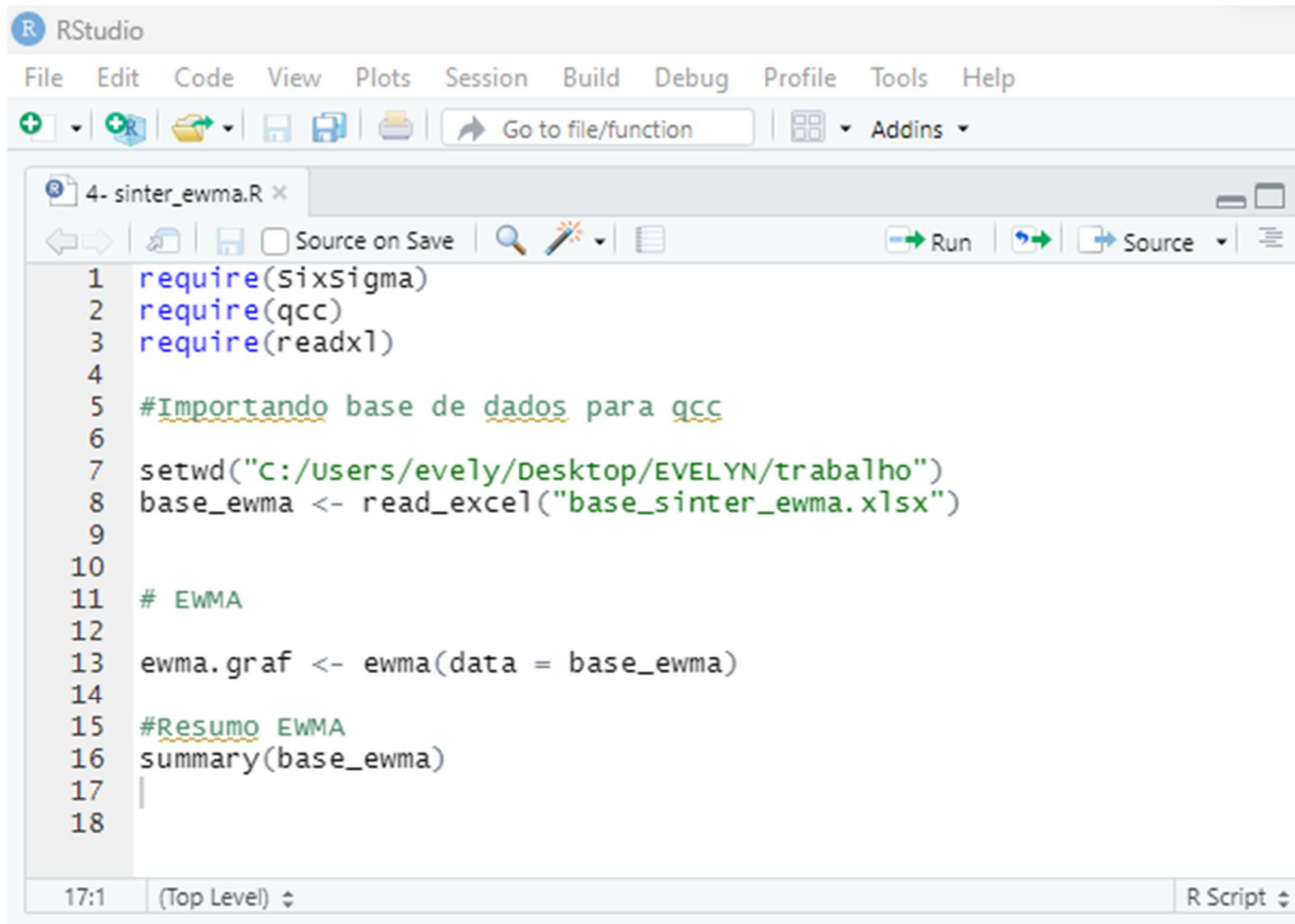
Segundo Chen (2018) os preços das matérias-primas refratárias tradicionais continuam a subir devido ao esgotamento gradual dos recursos minerais e políticas ambientais cada vez mais rigorosas. Com o aumento da conscientização sobre a gestão de resíduos sólidos nos últimos anos, quantidades crescentes de escórias industriais têm sido recicladas e reutilizadas como materiais sustentáveis (Li, 2022). Na atividade industrial, a geração de resíduos sólidos é uma medida ineficiência ou de desperdício no processo produtivo, pois um resíduo é gerado quando uma matéria-prima ou um insumo utilizado na produção não se converteu em produto final na atividade produtiva de uma organização ou quando sua geração é inerente a este processo (Stephanou, 2013).

As emissões de gases de efeito estufa (GEE) do setor industrial estão aumentando rapidamente em todo mundo. Segundo Ren (2016), a China é um dos maiores produtores mundiais de matérias-primas refratárias, causando graves

problemas ambientais, com a emissões de gases de efeito estufa, poluição do ar e alto consumo de energia, sendo a produção do insumo refratário de magnésia um sério obstáculo ao desenvolvimento sustentável no país. Como o material é usado como revestimento de fornos nas indústrias de ferro e aço, metais não ferrosos, cimento e vidro, a demanda mundial por magnésia (MgO) continuará a crescer devido à rápida urbanização e industrialização dos países em desenvolvimento. Logo, a indústria de magnésia precisa realizar ajustes estruturais e melhores técnicas para minimizar o aquecimento global, impactos negativos, reduzir o consumo de energia, melhorar a eficiência e promover o desenvolvimento e produção sustentável.

Dentre os impactos ambientais causados pelas atividades econômicas desenvolvidas pela sociedade, podem-se citar o uso ineficiente de energia elétrica e a geração de resíduos sólidos urbanos. Este último, associado muitas vezes ao desperdício de uma matéria-prima ou insumo que poderia ser utilizado na produção final de um determinado produto. Para minimizar os impactos ambientais causados ou reduzir os custos de produção e tornar as atividades mais sustentáveis, faz-se necessária a aplicação de medidas na área de gestão ambiental, econômica e social (Miranda, 2014).

APÊNDICE B - CÓDIGO PARA CRIAÇÃO DO GRÁFICO EWMA CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA



```
1 require(sixsigma)
2 require(qcc)
3 require(readxl)
4
5 #Importando base de dados para qcc
6
7 setwd("C:/Users/evely/Desktop/EVELYN/trabalho")
8 base_ewma <- read_excel("base_sinter_ewma.xlsx")
9
10
11 # EWMA
12
13 ewma.graf <- ewma(data = base_ewma)
14
15 #Resumo EWMA
16 summary(base_ewma)
17 |
18
```

17:1 (Top Level) R Script

Fonte: Autores (2022)

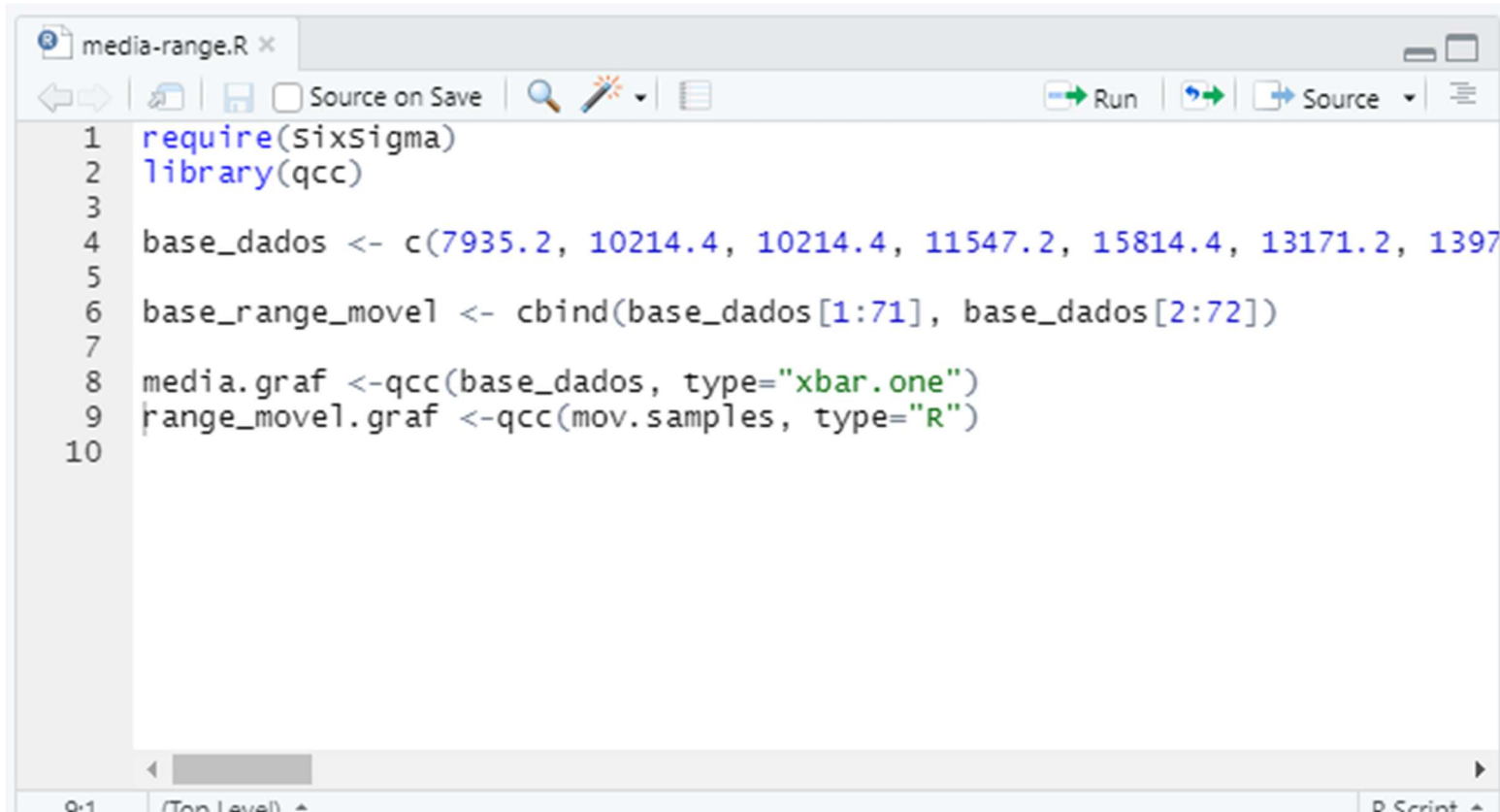
APÊNDICE C - QUARTIS DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA (KWH) NA EMPRESA “K” ENTRE 2017 E 2022

The image shows a screenshot of an R console window. The window title is "R 4.1.3 · C:/Users/evely/OneDrive/EVELYN2.0/EVELYN/2021/PEI/Qualidade/trabalho/". The console output shows the following commands and results:

```
> #Resumo EWMA
> summary(base_ewma)
  fraction
Min.   : 4911
1st Qu.: 9451
Median :13322
Mean   :13858
3rd Qu.:17215
Max.   :28144
>
>
>
>
>
>
> |
```

Fonte: Autores (2022)

APÊNDICE D - CÓDIGO PARA CRIAÇÃO DO GRÁFICO DE VALORES INDIVIDUAIS (CARTA X-BAR ONE), CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA



```
1 require(sixSigma)
2 library(qcc)
3
4 base_dados <- c(7935.2, 10214.4, 10214.4, 11547.2, 15814.4, 13171.2, 1397
5
6 base_range_move1 <- cbind(base_dados[1:71], base_dados[2:72])
7
8 media.graf <-qcc(base_dados, type="xbar.one")
9 range_move1.graf <-qcc(mov.samples, type="R")
10
```

Fonte: Autores (2022)

APÊNDICE E - CÓDIGO PARA CRIAÇÃO DO GRÁFICO EWMA CONSUMO DE ÁGUA

```
4- sintera_ewma.R x
Source on Save
Run Source
1 require(sixSigma)
2 require(qcc)
3 require(readxl)
4
5 #Importando base de dados para qcc
6
7 setwd("C:/Users/evely/Desktop/EVELYN/trabalho")
8 base_ewma <- read_excel("base_sintera_ewma.xlsx")
9
10
11 # EWMA
12
13 ewma.graf <- ewma(data = base_ewma)
14
15 #Resumo EWMA
16 summary(base_ewma)
17
18 |
18:1 (Top Level) R Script
```

Fonte: Autores (2022)

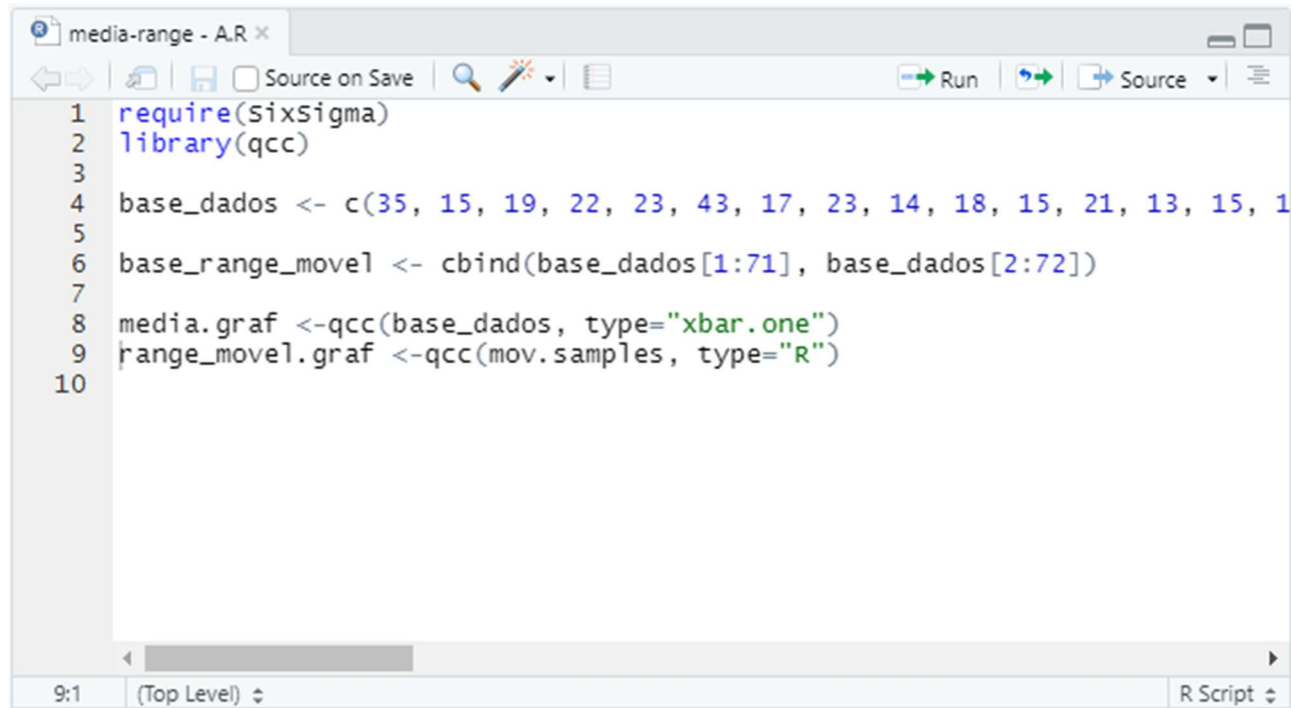
APÊNDICE F - QUARTIS DO CONSUMO DE ÁGUA (M³) NA EMPRESA “K” ENTRE 2017 E 2022



```
Console Terminal x Jobs x
R 4.1.3 · C:/Users/evely/OneDrive/EVELYN2.0/EVELYN/2021/PEI/Qualidade/trabalho/
> #Resumo EWMA
> summary(base_ewma)
  fraction
Min.   :10.00
1st Qu.:16.00
Median :19.00
Mean   :20.53
3rd Qu.:24.00
Max.   :43.00
>
>
>
>
>
>
> |
```

Fonte: Autores (2022)

APÊNDICE G - CÓDIGO PARA CRIAÇÃO DO GRÁFICO DE VALORES INDIVIDUAIS (CARTA X-BAR ONE), CONSUMO DE ÁGUA



```
1 require(SixSigma)
2 library(qcc)
3
4 base_dados <- c(35, 15, 19, 22, 23, 43, 17, 23, 14, 18, 15, 21, 13, 15, 1
5
6 base_range_movel <- cbind(base_dados[1:71], base_dados[2:72])
7
8 media.graf <-qcc(base_dados, type="xbar.one")
9 range_movel.graf <-qcc(mov.samples, type="R")
10
```

Fonte: Autores (2022)

APÊNDICE H - CÁLCULO DA QUANTIDADE DE PAINÉIS SOLARES NECESSÁRIOS PARA A EMPRESA “K”

$$\text{Energia} = \text{potência do módulo solar} \times \text{tempo} \times (\text{rendimento}) \quad (1)$$

1 placa solar de 460 W (Fabricante Jinko Tiger Prosolar)

Radiação solar útil diária de 5,01 horas

Perdas de 20% do sistema

Logo, se a Empresa “K” gerar aproximadamente X Wh/mês, precisaremos de Y painéis solares

$$\text{Energia} = 460 \times 5 \times (1 - 0,20) = 1.840 \text{ Watts-hora (Wh) ou } 1,84 \text{ quilowatts-hora (kWh)} \quad (2)$$

$$\text{Energia} = 1.840 \times 30 = 55.200 \text{ Wh/mês} = 55,2 \text{ kWh/mês} \quad (3)$$

$$1 \text{ painel} \Rightarrow 460 \text{ W} \quad (4)$$

$$55,2 \times Y \text{ painéis} = 16.299 \text{ kWh (média 2021)} \quad (5)$$

$$Y = 295 \text{ painéis} \quad (6)$$

Inversor solar

Fabricante Growatt 75 kW

7MPPT

Saída 380V – Trifásico

Payback

$$\text{Divide-se o valor do investimento pelo produto da energia produzida durante o ano na tarifa} \quad (7)$$

Valor médio do kWh em Candeias/BA é de R\$ 0,94.

Valor médio do investimento de R\$ 389.479,00mil para projeto técnico de microgeração distribuída (conforme Resolução Normativa ANEEL nº 482): instalação/ligação do gerador fotovoltaico com todos os componentes (painéis, inversores, cabeamentos, estrutura de fixação, string box), registro e acompanhamento

$$389.479,00 \text{ (valor do sistema) dividido por } 55,2 \text{ (energia gerada)} \times 295 \times 12 \text{ (quantidade de meses) vezes } 0,94 \text{ (valor do kWh)} \quad (8)$$

$$389.479,00 / 55,2 \times 295 \times 12 \times 0,94 \quad (9)$$

$$\text{Payback} = 2,12 \text{ anos} \quad (10)$$

Então, o tempo necessário para retorno do sistema analisado será de um pouco mais que 2 anos.

UFBA
UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL - PEI

Rua Aristides Novis, 02, 6º andar, Federação, Salvador BA
CEP: 40.210-630
Telefone: (71) 3283-9800
E-mail: pei@ufba.br
Home page: <http://www.pei.ufba.br>

