AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE PROCESSOS INDUSTRIAIS: Cálculo do índice de pressão ambiental (IPA) em uma indústria alimentícia por meio da seleção de indicadores ambientais no *software* SAAP

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF INDUSTRIAL PROCESSES: Calculation of the environmental pressure index (IPA) through the selection of environmental indicators in the SAAP software

Jefferson de Sousa Borburema

borburemajeff@gmail.com

Devson Paulo Palma Gomes

devsonpalma@recife.ifpe.edu.br

RESUMO

A indústria de alimentos possui uma grande importância na indústria de transformação, na participação no PIB brasileiro e na geração de empregos, importância esta que é ainda maior na região Nordeste, em comparação com o agregado nacional. O desafio para as empresas do setor reside em encontrar formas de crescer em conexão com as mudanças climáticas e buscar meios de produção mais eficientes com um menor impacto ao meio ambiente. Este artigo teve como objetivo desenvolver e aplicar uma metodologia para mensuração do desempenho ambiental em uma indústria de alimentos, com base no cálculo do Índice de Pressão Ambiental (IPA), por meio do software SAAP. Os impactos ambientais decorrentes da fabricação foram avaliados através do emprego do *software* SAAP. O acompanhamento dos processos industriais se deu nas dependências de uma indústria alimentícia empenhada na manufatura de salgadinhos de milho, localizada às margens da rodovia PE-060 no município de Suape, tendo ocorrido nos meses de novembro e dezembro de 2023. Os três critérios de avaliação que compõem a

Instituto Federal de Pernambuco. Campus Recife. Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental. 09 de junho de 2025

metodologia de referência desenvolvida são: produto, processo produtivo e emissões. Foram utilizados cinco indicadores de avaliação, cada indicador é acompanhado por uma identificação numérica, uma descrição, um objetivo geral, sua métrica e unidade de medida e uma escala para medir a eficácia de cada indicador. Como exemplo, a proposta de referência foi utilizada para avaliar uma empresa industrial do ramo de salgadinhos que alcançou uma pontuação de desempenho ambiental de 10.128 pontos. Os valores obtidos para análise do desempenho ambiental, foram de 10424,71 para o Índice de Aquecimento Global (IAG) oriundo dos dados de emissões atmosféricas de dióxido de carbono do empreendimento, para o Índice de Acidificação (IA) 6667,79 das emissões de dióxido de enxofre, os dados qualitativos das amostras do efluente tratado na estação de tratamento do empreendimento durante a análise tiveram resultado de 0,0092 para o Índice de Eutrofização (IE) e 0,0333 para o Índice de Oxigênio Dissolvido (IDOD), sobre o Índice de Consumo de Energia, o resultado foi de 16323,63 através dos dados de consumo energético do empreendimento e o Índice de Pressão Ambiental (IPA) calculado com resultado de 10128,99. Por fim, o artigo propõe uma discussão sobre como esses indicadores podem assumir um papel estratégico ou integrar diretamente a estratégia ambiental de uma organização, ademais, há uma discussão sobre como melhorar a eficiência no consumo de energia do empreendimento.

Palavras-chave: Gestão Ambiental; Impactos Ambientais; Indicadores de Desempenho Ambiental; Indústria; SAAP.

ABSTRACT

The food industry holds significant importance within the manufacturing sector, contributing substantially to Brazil's GDP and employment generation—an importance that is even greater in the Northeast region compared to the national average. The challenge for companies in this sector lies in finding ways to grow in alignment with climate change while seeking more efficient production methods with reduced environmental impact. This article aimed to develop and apply a methodology for measuring environmental performance in a food industry, based on

the calculation of the Environmental Pressure Index (IPA), using the SAAP software. The qualitative data from the treated effluent samples at the enterprise's treatment plant yielded a result of 0.0092 for the Eutrophication Index (EI) and 0.0333 for the Dissolved Oxygen Depletion Index (DODI). Regarding the Energy Consumption Index, the result was 16,323.63 based on the enterprise’s energy consumption data, while the Environmental Pressure Index (EPI) was calculated at 10,128.99. Finally, the article proposes a discussion on how these indicators can play a strategic role or be directly integrated into an organization's environmental strategy. Furthermore, it explores ways to improve the energy consumption efficiency of the enterprise in the context of environmental management in food manufacturing industries. The environmental impacts resulting from production were assessed using SAAP software. The monitoring of industrial processes was conducted at a food company specialized in manufacturing corn-based snacks, located along the PE-060 highway in the municipality of Suape, during November and December 2023. The three evaluation criteria that constitute the developed reference methodology are: product, production process, and emissions. Five evaluation indicators were used, each accompanied by a numerical identifier, a description, a general objective, its metric and unit of measurement, and a scale to assess the effectiveness of each indicator. As an example, the reference framework was applied to assess a snack food company, which achieved an environmental performance score of 10,128 points. The values obtained for environmental performance analysis were 10,424.71 for the Global Warming Index (GWI), derived from carbon dioxide atmospheric emissions data from the enterprise, and 6,667.79 for the Acidification Index (AI), based on emission data.

Keywords: Corporate Environmental Management. Environmental Impacts. Environmental Indicatorsand Performance. Industry. Industrial Companies.

1 INTRODUÇÃO

A gestão ambiental nos processos industriais é crucial para garantir o equilíbrio entre o desenvolvimento econômico e a preservação do meio ambiente. Ela envolve práticas e políticas que buscam minimizar os impactos negativos das atividades industriais no meio ambiente, ao mesmo tempo em que promove a sustentabilidade e a eficiência operacional.

À medida que a demanda por recursos naturais aumentou, também aumentou a produção de bens de consumo em proporções significativas. Além disso, a geração de resíduos e efluentes por meio de processos industriais afetam a capacidade dos organismos de sobreviver em seu ecossistema.

Entre as técnicas ou ferramentas comumente aplicáveis para avaliação de impactos ambientais em processos produtivos ou industriais, pode-se citar a análise do ciclo de vida (ACV). A ACV de um produto abrange desde a aquisição da matéria-prima até sua produção e utilização, potencial de reciclagem, reutilização e destinação final. Com a aplicação da ACV são avaliados os custos ambientais associados a vários processos, incluindo as emissões para a atmosfera, a geração de resíduos sólidos e efluentes, a utilização de energia e matérias-primas, o emprego e a eliminação final do produto (Coelho et al, 2002; Santos, 2002).

A ACV é uma técnica para avaliar o desempenho ambiental de determinado produto incluindo a identificação e a quantificação da energia e das matérias-primas utilizadas no seu ciclo de fabricação. Também são analisadas as emissões para água, solo e ar decorrentes da produção, utilização e disposição final avaliando-se o impacto ambiental associado ao uso dos recursos naturais (energia e matérias), emissões de poluentes e identificação de oportunidades para melhorar o sistema de forma a otimizar o desempenho ambiental do produto (Queiroz & Garcia, 2010). Além disto, a ACV pode ser conceituada como ferramenta para avaliar os efeitos ambientais de um produto, processo ou atividade ao longo do seu ciclo de vida ou duração, conhecido como análise "do berço ao túmulo" (Roy et al., 2009).

A análise se dá através do estudo dos estágios que envolvem do ciclo de vida do produto, desde a extração de matérias-primas até a disposição final, permitindo a identificação de oportunidades para implementação de melhorias na performance

ambiental nos vários estágios estudados. Os estágios comumente observados envolvem a extração da matéria-prima, a produção, o transporte, o uso e o gerenciamento de resíduos. Cada estágio recebe materiais e energia e produz materiais para o próximo estágio e emissões para o meio ambiente (Coelho et al, 2002).

Uma ACV aborda os impactos ambientais relativos à saúde humana, aos sistemas ecológicos e depreciação de recursos, sem propósito de avaliar os efeitos econômicos ou sociais (Coelho et al, 2002).

Santos (2002) identifica diversas categorias de impactos ambientais, entre as quais se destacam: o aquecimento global, a destruição da camada de ozônio, a acidificação, a eutrofização, a formação de oxidantes fotoquímicos, a toxicidade, o consumo de recursos naturais, o consumo de energia, a redução do oxigênio dissolvido em corpos d'água e o distúrbio local causado por material particulado na atmosfera.

Além disso, segundo Santos (2002), para cada uma dessas categorias de impacto ambiental, são desenvolvidos índices específicos de pressão ambiental, como o Índice de Aquecimento Global (IAG) e o Índice de Consumo de Energia (ICE), que representam de forma quantificável os efeitos causados.

A ausência de literatura consolidada sobre a aplicação prática do SAAP reforça a necessidade de sua exploração em contextos industriais reais, a fim de gerar subsídios que contribuam para o desenvolvimento de referenciais metodológicos aplicáveis ao setor (Santos, 2002; Herva et al., 2008).

Apesar da existência de ferramentas como o SAAP, são escassos os estudos aplicados a indústrias alimentícias de pequeno/médio porte no Brasil, o que evidencia a necessidade de validar a metodologia nesse contexto.

Nesse contexto, a inserção do SAAP em estudos de caso industriais representa uma contribuição significativa para a literatura científica, ao permitir a validação da ferramenta em diferentes setores produtivos. Além disso, a ausência de benchmarks e comparações entre fábricas que utilizem o mesmo sistema dificulta a análise comparativa entre processos semelhantes, o que reforça a importância de

trabalhos acadêmicos voltados à sua aplicação e documentação (Henri; Journeault, 2008).

Dessa forma, este estudo propõe a avaliação dos processos industriais de uma fábrica de alimentos, especializada na produção de salgadinhos e localizada no Estado de Pernambuco, por meio do cálculo do Índice de Pressão Ambiental (IPA). A análise será realizada com o auxílio do software SAAP (Sistema de Avaliação de Processos Ambientais), a partir da seleção de indicadores ambientais pertinentes. Essa abordagem visa mensurar e qualificar os impactos ambientais associados aos processos produtivos, contribuindo para a identificação de oportunidades de melhoria e para o fortalecimento da gestão ambiental na indústria alimentícia.

2 DESENVOLVIMENTO

Com a implantação de sistemas de gestão ambiental, as indústrias necessitam de uma metodologia para avaliar seus aspectos e impactos ambientais significativos. Um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) é um mecanismo que lida com as questões ambientais de maneira holística e que incentiva a melhoria contínua do desempenho ambiental (Jabbour, Santos, & Nagano, 2008). De forma geral, o SGA é uma ferramenta que gerencia a interação entre a organização e o meio ambiente, visando a melhorar o seu desempenho ambiental global, a partir do gerenciamento dos aspectos ambientais que estão ligados às suas atividades, aos seus produtos e serviços (Perotto et al., 2008). Ele envolve desde o planejamento estratégico até a execução, monitoramento e melhoria contínua das atividades ligadas à proteção ambiental.

A norma ISO 14001, referência internacional em gestão ambiental, é uma norma criada pela Organização Internacional de Normalização (ISO) que estabelece diretrizes para a implantação de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) em organizações de qualquer porte ou setor, aplicável a qualquer tipo de organização — pública ou privada, grande ou pequena. Seu principal objetivo é ajudar empresas a identificarem, controlarem e reduzirem os impactos ambientais de suas atividades, promovendo a sustentabilidade e a melhoria contínua.

A partir dos resultados encontrados, podem-se propor alternativas para diminuir ou atenuar os impactos e a pressão ambiental do processo analisado. Dessa forma, o *software* mostrou-se uma ferramenta de gerenciamento ambiental de processos industriais, contribuindo para a implementação das normas de gestão ambiental da série Isso 14000 e para a melhoria contínua da eficiência ambiental da indústria.

Objetivo Geral

Avaliar os processos industriais de uma fábrica de alimentos (salgadinhos) localizada no Estado de Pernambuco, por meio do cálculo do índice de pressão ambiental (IPA) através da seleção de indicadores ambientais no software SAAP (Sistema de Avaliação de Processos Ambientais).

Objetivos específicos

- Identificar as principais cargas ambientais associadas a todas as etapas do ciclo de vida da produção de salgadinhos, desde a extração de matérias-primas até o descarte final dos resíduos;
- Calcular os índices de pressão ambiental dos processos envolvidos por meio do software SAAP;
- Fornecer subsídios à indústria para a mitigação dos impactos ambientais no processo produtivo de salgadinhos, com base nos índices de pressão ambiental calculados.

Fundamentação teórica

2.1 Desempenho Ambiental

Para garantir a competitividade no mercado, as organizações devem implementar processos contínuos de avaliação de desempenho. Nesse contexto, os

indicadores desempenham um papel fundamental, permitindo acompanhar e medir o progresso da empresa. Enquanto os indicadores financeiros fornecem uma visão retrospectiva do desempenho, os indicadores não financeiros oferecem uma perspectiva antecipada, auxiliando na tomada de decisões estratégicas e na atração de investimentos (Banker, et. al, 2000).

Os Indicadores de Desempenho Ambiental (IDA) são métricas quantitativas que permitem avaliar o desempenho ambiental de organizações ao longo do tempo. Sua importância reside na capacidade de quantificar e acompanhar os impactos ambientais das atividades empresariais, auxiliando na gestão de recursos naturais, na redução de riscos e na melhoria da imagem institucional. Ao fornecerem dados concretos e comparáveis, os IDA's contribuem para a tomada de decisões mais estratégicas e alinhadas com os princípios da sustentabilidade (Lai & Chen, 2020; Saengsupavanich et al., 2009; Haines, 1993).

Nos últimos anos, o Porto de Suape vem aprimorando o controle ambiental da área portuária, conforme preconizado na Lei Federal nº 12.815/2013 (Art. 17º, § 1°, inciso IV), para a qual compete à Autoridade Portuária fiscalizar a operação portuária, zelando pela realização das atividades com regularidade, eficiência, segurança e respeito ao meio ambiente.

2.2 Indicadores Ambientais

A Agência Ambiental Européia (EEA) define indicador ambiental como um valor observado e representativo de um fenômeno de estudo (EEA, 1999). Veleva e Ellenbecker (2001) definem indicadores como variáveis estabelecidas que representam atributos e fornecem informações importantes sobre sistemas físicos, sociais ou econômicos, permitindo uma análise de relação causa-efeito. Os indicadores quantificam a informação, agregando dados múltiplos e diferentes, necessários para se obter uma informação confiável, de forma que podem ser utilizados para ilustrar e comunicar fenômenos complexos de forma mais simples (Roca et al., 2005; Herva et al., 2008).

Dentro das organizações, os indicadores ambientais fornecem evidências persuasivas e consistentes na alocação eficientes de seus recursos limitados,

auxiliando-as na sua obrigação de medir e controlar o seu desempenho ambiental no cumprimento de leis, regulamentações ou mesmo de maneira pró-ativa (Henri e Journeault, 2008).

2.3 Legislação Ambiental

A avaliação de desempenho ambiental em empresas industriais pode ser aplicada existindo ou não um sistema de gestão ambiental formal na empresa (Kuhre, 1998). No entanto, é típico que a gestão ambiental seja implementada por meio de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) que possa atender aos requisitos de ser economicamente viável, minimizando os impactos ambientais, garantindo uma produção mais sustentável, proporcionando vantagens competitivas à empresa e respondendo adequadamente às exigências regulatórias, pressões dos investidores e pressões dos consumidores.

Nesse sentido, a Associação Brasileira de Normas Técnicas define SGA como a parte de um sistema de gestão de uma organização utilizada para desenvolver e implantar sua política ambiental e para gerenciar seus aspectos ambientais (ISO 2004). O SGA é uma forma de instrumentalizar a implantação de uma política ambiental, pressupondo uma gestão dos aspectos ambientais da organização em busca de um desempenho ambiental satisfatório (Soares e Pimenta, 2011).

No Brasil, os crimes ambientais são regulamentados por diversas leis, destacando-se a Lei nº 9.605/1998 (Lei de Crimes Ambientais), que estabelece sanções penais e administrativas para as ações que causam danos ao meio ambiente. Além disso, a Lei nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, exige a responsabilidade pelo manejo adequado dos resíduos e a promoção de práticas de reciclagem e reutilização. A Lei nº 10.165/2000 trata do controle e fiscalização da poluição industrial, enquanto a Lei nº 11.284/2006 regula a gestão de florestas públicas e estabelece normas sobre a exploração madeireira, buscando combater o desmatamento ilegal. Essas legislações, entre outras, visam assegurar a proteção ambiental, impondo penalidades severas às infrações que comprometam a saúde pública e o equilíbrio ecológico.

2.4 Normas ISO *(International Organization for Standardization*)

As normas ISO são diretrizes internacionais desenvolvidas pela *International Organization for Standardization*, uma organização independente, fundada em 1947, com sede em Genebra, Suíça. Ela reúne organismos de normalização de diversos países — no caso do Brasil, esse papel é exercido pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). O principal objetivo da ISO é criar padrões que assegurem qualidade, segurança, eficiência e sustentabilidade em produtos, processos e serviços em escala global.

A ISO atua em várias áreas do conhecimento, por isso existem centenas de normas diferentes, cada uma voltada a uma necessidade específica. Entre as mais conhecidas, destaca-se a ISO 9001, voltada para sistemas de gestão da qualidade. Ela ajuda organizações a padronizarem seus processos, focarem na satisfação do cliente e promoverem a melhoria contínua.

Outra bastante adotada é a ISO 14001, voltada para gestão ambiental. Essa norma fornece diretrizes para que as organizações identifiquem, controlem e reduzam seus impactos ambientais, promovendo práticas sustentáveis e em conformidade com a legislação.

Adotar uma norma ISO significa não apenas seguir regras, mas assumir uma postura organizacional focada na gestão eficiente, na melhoria contínua e no compromisso com o desempenho sustentável, seja ele ambiental, econômico ou social. Essa abordagem se alinha, inclusive, com os princípios de ESG (Ambiental, Social e Governança), cada vez mais valorizados no cenário empresarial atual.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho caracteriza-se como uma pesquisa exploratória, de caráter qualitativo. A pesquisa envolveu obtenção de dados qualitativos *in loco* e revisão de literatura, no qual consiste na adaptação e modificação de idéias e conceitos existentes para escopos mais precisos (Gil, 2007). Para validação dos dados, o

modelo foi aplicado em uma indústria alimentícia, localizada no distrito industrial de Suape, na cidade de Cabo de Santo Agostinho-PE.

A metodologia do trabalho foi implementada com a utilização do *software* SAAP – Sistema de Avaliação Ambiental de Processos – para o cálculo do índice de pressão ambiental (IPA) de um processo industrial, por meio da seleção e do cálculo de indicadores ambientais, utilizando técnicas de Análise de Ciclo de Vida da série de normas ISO 14000. Diferentes indicadores de desempenho ambiental operacionais amplamente utilizados dentro de um SGA baseados na ISO 14001 são utilizados no software SAAP, como por exemplo: Consumo de energia (elétrica, térmica, combustíveis), consumo de água, volume de resíduos gerados, quantidade de efluentes líquidos gerados, emissões atmosféricas e uso de matérias-primas e insumos e o indicador de condição ambiental: Qualidade do ar.

São premissas do estudo científico: (i) levantamento dos aspectos ambientais significativos; (ii) aplicação dos parâmetros de desempenho; (iii) interpretação dos resultados. A execução deste trabalho foi dividida em três etapas: (i) Levantamento bibliográfico sobre gestão ambiental empresarial, metodologias de avaliação de desempenho ambiental, indicadores ambientais e impactos ambientais industriais; (ii) seleção e adaptação de indicadores e parâmetros relacionados à avaliação de desempenho ambiental; (iii) elaboração de um referencial qualitativo estruturado com indicadores e metas propostas através dos resultados do *software* SAAP, métricas e escala de atendimento para levantamento de dados para a avaliação do desempenho ambiental industrial.

Nesse contexto, o *software* SAAP – Sistema de Avaliação Ambiental de Processos desenvolvido em 2002 para calcular impactos ambientais em processos industriais, avaliando o desempenho ambiental por meio de estudos de Análise de Ciclo de Vida (ACV), de acordo com Santos (2011) e Duarte (2006), que consiste na consideração de toda a cadeia de geração, produção, distribuição, consumo e disposição final ou reciclo de um determinado produto (ciclo de vida).

O SAAP foi projetado visando padronizar e facilitar a utilização de uma metodologia para avaliar a performance ambiental de processos industriais, baseada nas normas de ACV e na ISO 14031 (Gestão ambiental - Avaliação de

desempenho ambiental). O *software* SAAP fundamenta-se no cálculo da avaliação de diferentes categorias de impacto ambiental, utilizando dez indicadores ambientais para o processo produtivo em análise.

Após a definição do sistema em análise no software SAAP, analisa-se o potencial de contribuição aos efeitos ambientais, na forma de impactos ambientais, consumo de recursos e impactos nas condições de trabalho associados com o ciclo de vida do produto. A análise é baseada em um inventário de entradas e saídas de todos os processos envolvidos em cada estágio da vida do produto, identificando a carga ambiental (Coelho et al, 2002; Santos, 2002).

O *software* baseia-se em dados provenientes de fontes primárias, obtidos por meio de inventários elaborados, e de fontes secundárias, compostas por informações disponíveis na literatura sobre os processos analisados. A avaliação dos impactos ambientais é realizada considerando os limites máximos de emissão atmosférica e a disponibilidade de recursos naturais, resultando no cálculo do Índice de Pressão Ambiental (IPA). A mensuração do impacto ambiental total (IPA) leva em conta diferentes categorias de impacto e os diversos elementos que contribuem para esses impactos (Santos 2002).

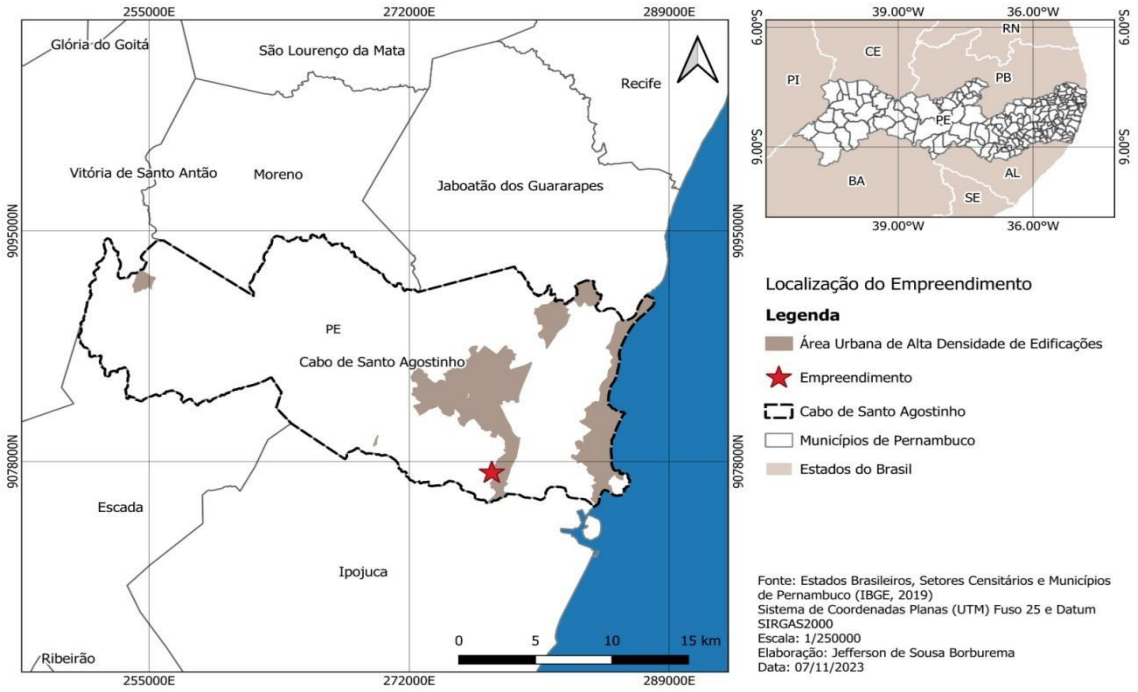
3.1 Caracterização da área de estudo

O Complexo Industrial Portuário Governador Eraldo Gueiros – SUAPE está localizado no litoral de Pernambuco, entre os municípios do Cabo de Santo Agostinho e Ipojuca, com uma área de 13.600 hectares e engloba 83 empresas de capital nacional e internacional (Suape 2024). A indústria relatada neste estudo faz parte do Complexo de Suape e trata-se de uma empresa do ramo alimentício que produz salgadinhos de milho com farinha de milho, água e óleo vegetal como matérias-primas (Figura 1).

O empreendimento escolhido para o estudo foi uma empresa alimentícia empenhada na manufatura de salgadinhos de milho, que manuseia matérias-primas como a farinha de milho, água e óleo vegetal. O acompanhamento dos processos industriais se deu nas dependências do empreendimento localizado às margens da

Rodovia PE-060, no município do Cabo de Santo Agostinho, PE tendo ocorrido nos meses de novembro e dezembro de 2022.

Figura 1 – Mapa de localização do empreendimento em estudo



Fonte: O autor (2023)

3.2 Levantamentos dos aspectos ambientais

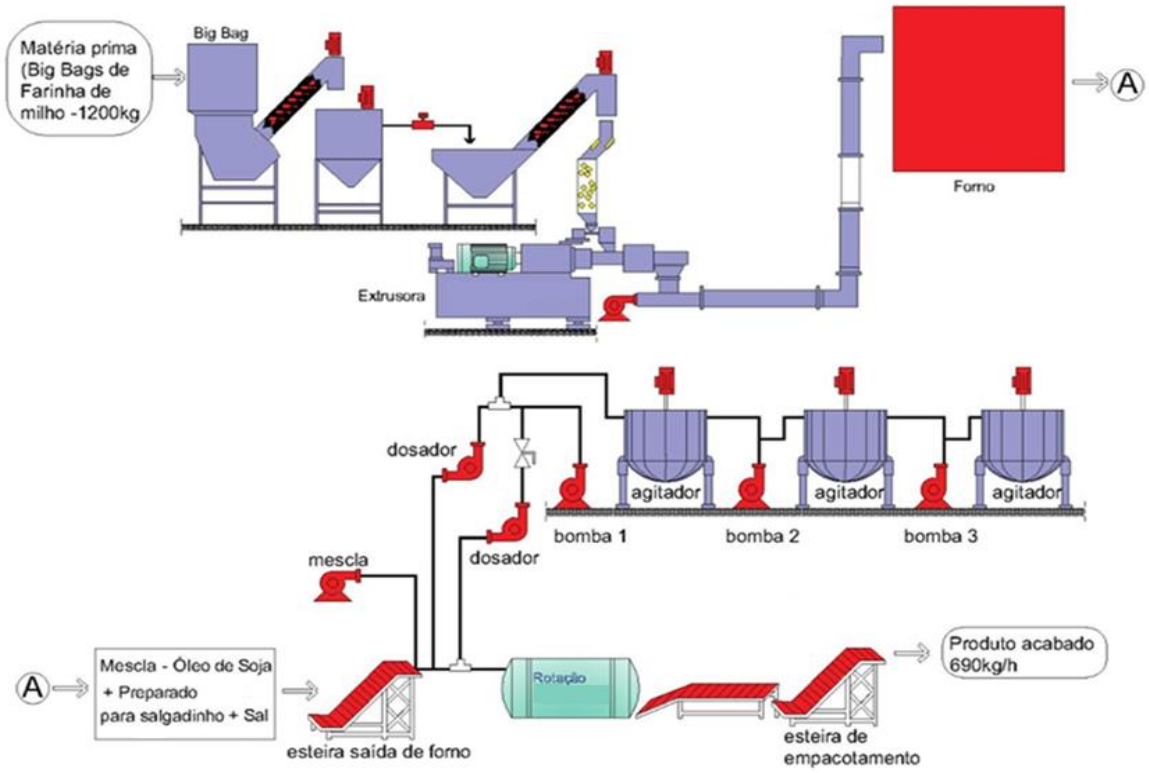
A primeira etapa para o desenvolvimento deste modelo fez-se a partir do levantamento de todos os aspectos dos processos e produtos do empreendimento. Nesta etapa, foram coletados por meio de consulta aos relatórios técnicos de produção fornecidos semanalmente pelo empreendimento, dados qualitativos de cada setor (manutenção, produção e meio ambiente), analisando as etapas do processo industrial com suas entradas e saídas correspondentes a cada etapa do processo, a coleta dos dados foi realizada com apoio de supervisores e operadores de cada setor analisado. Após o preenchimento da coleta dos dados selecionou-se os aspectos ambientais significativos que compreenderam o gerenciamento de resíduos sólidos, uso dos recursos naturais e energéticos, emissões atmosféricas emitidas pelo empreendimento, dentre outros.

Para elaboração do ACV, diferentes tipos de dados devem ser coletados, na análise de inventário, para descrever o balanço de massa e energia de todo o ciclo de vida do produto, devem-se coletar os dados do consumo de matérias primas e energia, bem como os dados de emissões dos processos do ciclo de vida.

Para o processamento dos salgadinhos de milho, o empreendimento segue 7 etapas usuais: mistura, extrusão, cozimento, adição de aroma, análise laboratorial, empacotamento e distribuição (Figuras 1 e 2). O empreendimento utiliza caminhões de coleta, balanças industriais, agitadores, separadores, misturadores, extrusoras, câmaras de raios x e empacotadoras, sendo os caminhões de coleta e distribuição de propriedade de empresas terceirizadas.

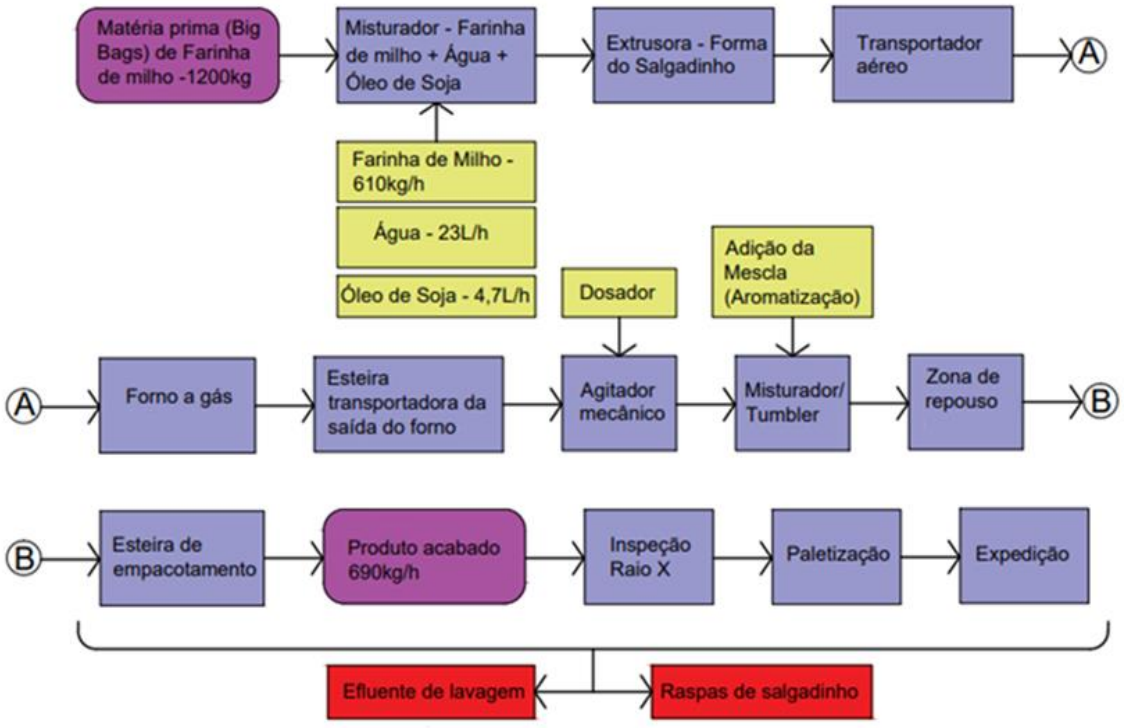
Os salgadinhos de pacote são produzidos em processos automatizados, sem contato manual. Em geral, os salgados assados são feitos com milho. Os extrusados são os salgadinhos tipo isopor, geralmente feitos à base de milho. O ingrediente inicial, uma farinha de milho bem fina, é misturado com água e óleo até dar origem a uma massa homogênea. Essa massa segue para a máquina extrusora, o coração do processo de fabricação, é submetida a uma grande pressão e prensada numa matriz que dá a forma escolhida para o salgadinho. Depois de passarem pela matriz, os salgadinhos prensados entram em contato com uma pressão mais baixa e com uma temperatura mais fria, assim, eles “explodem” ficando com a massa aerada e consistência típica de isopor. Ao fim da extrusão, os salgadinhos passam por um cilindro rotativo, que tem sprays que jogam o aroma desejado sobre os *snacks*. Em seguida, o produto vai para a empacotadora e já está pronto.

Figura 1 - Fluxograma das etapas de manufatura do salgadinho de milho.



Fonte: O autor (2023)

Figura 2 - Aspectos do processo e dos produtos do empreendimento.



Fonte: O autor (2023)

3.3 Interpretação dos resultados

Através dos dados da tabela 1 e dos fluxogramas das figuras 1 e 2, é possível apurar que boa parte do processo produtivo expõe o produto ao ambiente, principalmente nas etapas de transporte entre esteiras, originando as chamadas “raspas de salgadinho” que são nada mais que resíduos do produto acabado que caem de máquinas e esteiras e ficam espalhados pelo chão.

Em relação ao resíduo de produto acabado gerado durante a fabricação, ele não pode ser reaproveitado e ou reprocessado no empreendimento segundo as normas de procedimentos de boas práticas de fabricação dispostas na RDC ANVISA nº 275 de 21 de outubro de 2002. O resíduo é armazenado e transportado para indústrias de ração animal onde será reaproveitado na fabricação da ração animal.

Adicionalmente, durante o processo de fabricação do salgadinho, diariamente é realizada a limpeza de todas as máquinas e equipamentos do processo, originando efluente líquido das lavagens, este efluente é escoado e transportado através de tubulações para a estação de tratamento de efluentes do empreendimento.

A Tabela 1 apresenta o inventário com os dados (total anual e média mensal) do consumo de energia elétrica, gás e água, juntamente com a quantidade efluentes gerados durante as lavagens das linhas de produção no ano de 2022.

Tabela 1 – Inventário energético do processo.

Mês	Água (L)	Gás (m^3)	Energia elétrica (Kw)	Efluente (L)
jan/22	92816,60	310,73	26340,80	60532,58
fev/22	117718,70	394,10	33407,84	76773,0
mar/22	121491,70	406,73	34478,60	79233,71
abr/22	137338,40	459,79	38975,81	89568,54
mai/22	146393,70	490,10	41545,64	95474,16
jun/22	89798,20	300,63	25484,18	58564,04
jul/22	118473,30	396,63	33621,99	77265,17
ago/22	102626,50	343,58	29124,78	66930,34
set/22	126773,90	424,42	35977,67	82678,65
out/22	96589,70	323,37	27411,56	62993,26
nov/22	82252,10	275,37	23342,66	53642,70
dez/22	110927,20	371,36	31480,46	72343,82
Total	134.3200,	4496,8	381.192,0	876.000,0
Média	111.933,30	374,73	31.766,0	73.000,0

Na tabela 1 observa-se um consumo energético médio de 31766 kW mês, onde os valores obtidos demonstram um gasto de energia bastante elevado. Utilizando o *software* SAAP (Sistema de Avaliação Ambiental de Processo), o empreendimento apresenta um índice de consumo de energia (ICE) de 16323, 6365; onde o *software* não refere quais os valores ideais para o índice.

De modo a contribuir para a melhor análise de pressão ambiental do empreendimento, buscaram-se dados qualitativos de análises realizadas periodicamente pela empresa, em se tratando dos índices de emissões de CO_2 e SO_2 onde o resultado da análise foi fornecido pela empresa contratada para monitoramento da qualidade do ar do empreendimento.

Assim, adotou-se como principal critério a conformidade com a legislação ambiental vigente e com os objetivos estabelecidos pelo empreendimento, utilizando-se os limites máximos permitidos por normas regulamentares e metas corporativas como parâmetros de referência para a avaliação do desempenho ambiental.

Também foram disponibilizados os dados qualitativos das amostras do efluente tratado na estação de tratamento do empreendimento, realizadas por empresa especializada em análise físico-química de efluentes nos quais foram analisados a geração de N, P e o índice de DQO (Demanda Química de Oxigênio), por fim, com apoio do setor de manutenção do empreendimento, foram disponibilizados os dados de consumo de energia elétrica de todo o processo produtivo.

Tabela 2 – Inventário de análise da qualidade do ar e análise físico-química do efluente gerado pelo empreendimento.

Parâmetros	**Resultado**
CO_2	17004 kg/Mês
SO_2	16669 kg/Mês
N	6 mg/L
p	0,12 mg/L
DQO	3,33 mg/L

Os parâmetros de efluente do empreendimento foram confrontados com a Resolução 430/11 do CONAMA (Brasil, 2011), onde constatou-se que o índice de nitrogênio (N) ficou com parâmetro abaixo do valor máximo estabelecido para os padrões de lançamento de efluentes (Tabela 3).

A resolução 430/11 do CONAMA (Brasil, 2011) não faz referência a DQO nos padrões de lançamento de efluentes líquidos.

Tabela 3 – Padrões de lançamento de efluentes estabelecidos pela Resolução 430/11 do CONAMA (BRASIL, 2011).

Parâmetros Inorgânicos	Valor Máximo
Nitrogênio total	20 mg/L

Devido aos elevados custos da água industrial associados às crescentes demandas, têm levado as indústrias cada vez mais a avaliar as possibilidades de reuso dos seus efluentes. De acordo com o Manual da Conservação e Reuso da Água na Indústria (Hespanhol, 2006), o reuso dentro da própria indústria pode ser feito, por exemplo, em cascata ou com efluentes tratados.

Observando, ainda, os resultados dos valores de nitrogênio (N) e fósforo (p), e comparando com os estudos de (Favaretto, 2015): nitrogênio (N) 4,8 mg/L, fósforo (p) 2 mg/L e DQO 88,6 mg/L, as concentrações estão em conformidade com o que foi analisado para uma indústria alimentícia.

O software SAAP, é uma ferramenta poderosa para a avaliação de impactos ambientais, sendo necessária a maior quantidade de dados possível, devido a complexidade dos sistemas industriais e, por conseqüência, do software utilizado, no entanto, os levantamentos de dados devem ser o mais próximos da realidade, para que o programa possa refletir o que acontece no processo estudado (Frietto, 2008).

A utilização da ferramenta SAAP (Sistema de Avaliação Ambiental de Processos) em ambientes industriais configura-se como uma estratégia relevante para o aprimoramento da gestão ambiental, sobretudo em um cenário marcado pela escassez de estudos técnicos e científicos que abordam metodologias sistematizadas de avaliação de desempenho ambiental.

4 RESULTADOS E ANÁLISE

O presente estudo demonstrou os pontos de fragilidade que influenciam negativamente no valor do Índice de Pressão Ambiental (IPA) fornecido pelo *software* SAAP, entre eles podem-se citar os índices ICE, IAG e IA, que se relacionam principalmente ao consumo de energia nas linhas de produção e gás

natural nos fornos da fábrica e conseqüente, geração de gases como o dióxido de enxofre (SO_2) nos processos produtivos do empreendimento.

Os dados fornecidos pelo empreendimento nas tabelas 1 e 2 foram utilizados para o cálculo dos seguintes índices no software SAAP: IAG (Índice de Aquecimento Global), IA (Índice de Acidificação), IE (Índice de Eutrofização), IDOD (Índice de Destinação de oxigênio Dissolvido), ICE (Índice de Consumo de Energia) e IPA (Índice de Pressão Ambiental) (Tabela 4).

Tabela 4 – Resultado do cálculo de pressão ambiental no *software* SAAP.

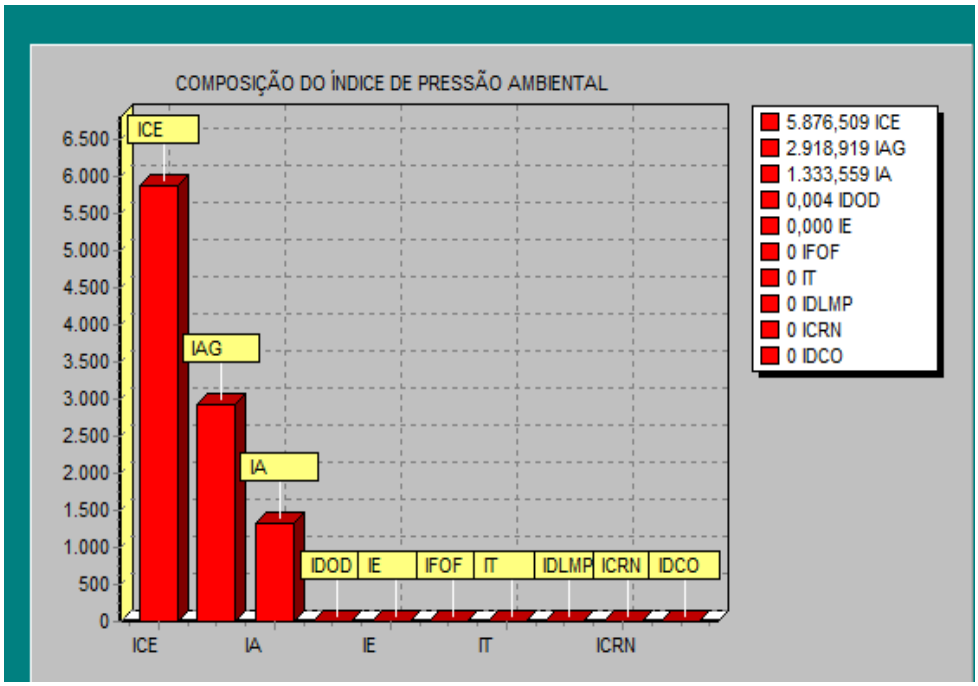
Parâmetros	**Resultado**
Índice de Aquecimento Global (IAG)	10424,7122
Índice de Acidificação (IA)	6667,795
Índice de Eutrofização (IE)	0,0092
Índice de Consumo de Energia (ICE)	16323,6365
Índice de Oxigênio Dissolvido (IDOD)	0,0333
Índice de Pressão Ambiental (IPA)	10128,9919

Dessa forma, verifica-se a necessidade da elaboração de programas de medidas mitigatórias e compensatórias dos impactos ambientais gerados, como por exemplo, a utilização da biomassa oriunda do processo de manejo da cana-de-açúcar como fonte de combustível alternativo e a implantação de placas fotovoltaicas para redução no consumo de energia.

A instalação recente de uma micro usina fotovoltaica no empreendimento reduziu em 8,7% o gasto com energia elétrica, atualmente, está sendo projetado a instalação de uma nova caldeira que possibilitará a utilização da biomassa para aquecer a água do processo de fabricação, podendo reduzir o consumo de gás natural em cerca de 18%. Ressalta-se, que os cálculos dos índices oriundos do *software* SAAP poderão ser utilizados para comparar o impacto ambiental das linhas de produção entre as fábricas do empreendimento localizadas em todo Brasil,

de forma a criar um indicador ambiental e definir metas para redução do índice de pressão ambiental nos setores produtivos.

Figura 3 – Pontos de fragilidade do estudo



Fonte: Software SAAP

A integração dos indicadores ambientais na estratégia *Environmental, Social and Governance* (ESG) da indústria é um passo essencial em direção a um modelo de negócios sustentável (HenrI; Journeault, 2008). Empresas que priorizam a gestão responsável dos recursos naturais como, por exemplo, o cálculo de índices ou indicadores ambientais, não apenas cumprem seu papel na preservação do meio ambiente, mas também fortalecem sua posição no mercado e contribuem para a construção de um futuro mais sustentável (Roca *et al*., 2005; Herva *et al*., 2008). Ao fazer isso, a indústria não apenas atende às expectativas dos *stakeholders*, mas também cria um impacto positivo duradouro na sociedade e no planeta (Soares; Pimenta, 2011).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS/ CONCLUSÕES

O presente estudo evidenciou a efetividade do software SAAP como uma ferramenta metodológica robusta na mensuração e avaliação dos impactos ambientais associados aos processos industriais de uma empresa alimentícia. A análise dos indicadores ambientais – como o Índice de Consumo de Energia (ICE), o

Índice de Aquecimento Global (IAG) e o Índice de Acidificação (IA) – permitiu identificar com clareza os pontos críticos relacionados ao consumo energético e às emissões atmosféricas da planta fabril.

A aplicação do SAAP demonstrou não apenas a viabilidade técnica da metodologia, mas também seu potencial estratégico para apoiar decisões gerenciais voltadas à sustentabilidade. A integração dos dados obtidos à estratégia ambiental da organização pode contribuir significativamente para a adoção de práticas mais eficientes, como a substituição de fontes de energia convencionais por alternativas renováveis, a exemplo da biomassa e da energia solar. Além disso, os resultados obtidos podem servir como referência para outras unidades produtivas do mesmo grupo industrial, fomentando uma gestão ambiental mais padronizada e eficaz em nível nacional.

Apesar dos avanços, não foram analisadas as repercussões econômicas diretas da adoção das medidas mitigadoras sugeridas, o que limita a compreensão do custo-benefício das ações propostas.

Futuros trabalhos podem expandir a aplicação da metodologia em outras indústrias do setor alimentício ou mesmo em outros segmentos industriais, ampliando a base comparativa e permitindo ajustes na sensibilidade dos indicadores. Recomenda-se ainda a realização de estudos longitudinais que analisem o desempenho ambiental ao longo do tempo, correlacionando os dados com melhorias operacionais, mudanças na matriz energética e resultados econômicos da empresa.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724: trabalhos acadêmicos**. Rio de Janeiro: 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10520: citações em documentos**. Rio de Janeiro: 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023: referências.** Rio de Janeiro**:** 2002

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6024: numeração progressiva das seções de um documento escrito.** Rio de Janeiro: 2003

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6027: sumário.** Rio de Janeiro: 2012

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6028: resumo.** Rio de Janeiro: 2003.

ANDRADE, M. R. S; TURRIONI, J.B. **Uma metodologia de análise dos aspectos e impactos ambientais**, 2015.

ANVISA. **Resolução RDC ANVISA nº 275 de 21 de outubro de 2002**. Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Procedimentos Operacionais Padronizados aplicados aos Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos e a Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação em Estabelecimentos Produtores/ Industrializadores de Alimentos. Brasília, 2002.

BANKER, Rajiv D.; POTTER, Gordon; SRINIVASAN, Dhinu. **An Empirical Investigation of an Incentive Plan that Includes Non financial Performance Measures**. The Accounting Review, v. 75, n. 1, p. 65-92, 1 jan. 2000.

BARBIERE, J. C. **Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. São Paulo: Saraiva, 2004

BRASIL, **Resolução CONAMA n°357, de 17 de março de 2005 – Estabelece os padrões de classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional**. Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, Brasil.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E.; PITTA, G. V. E.; ALVES, V. M. C. **Cultivo do milho: diagnose foliar do estado nutricional da planta**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. 5 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 45).

DUARTE, Paulo H. G. **Método quantitativo para a avaliação de impactos ambientais aplicado à indústria têxtil**. 2006. 120 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2006.

FAVARETTO, D. P. C.; BRIÃO, B. B.; COLLA, L. M.; HEMKEMEIER, M. **Análise Técnica do Processo de Tratamento de Efluentes de Empresa de Laticínios da Região de Passo Fundo/RS**. Revista CIATEC – UPF, vol.7 (2), p.p.18 - 30, 2015.

FRIETTO, A. L. **Avaliação de contaminantes metálicos e impactos ambientais no cultivo e processamento de erva-mate (Ilexparaguariensis St. Hill).** Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) – Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC, Santa Cruz do Sul, 2008.

HENRI, J. F.; M. JOURNEAULT. **Environmental performance indicators: An empirical study of Canadian manufacturing firms**. Journal of Environmental Management. Elsevier. N. 87, p. 165-176, 2008.

HERVA, M., FRANCO, A., FDEZ-CARRASCO, E., Roca, E. (2008). **The ecological footprint of production processes as indicator of sustainability**. Ingeniería Química, v. 460, pp. 180-186.

HESPANHOL. I. **Manual de Conservação e Reúso de Água na Indústria**. Rio de Janeiro: DIM, 2006.

IBGE. **Normas de Apresentação tabular**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993.

LAI, Sue Ling; CHEN, Du-Nin. **A Research on the Relationship between Environmental Sustainability Management and Human Development**. Sustainability. v. 12, n. 21, p. 9001, 29 out 2020.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E.C..**Metodologia do trabalho científico [recurso eletrônico]: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale. 2013.

QUEIROZ, G. C.; GARCIA, E. E. C. **Reciclagem de sacolas plásticas de polietileno em termos de inventário de ciclo de vida**. Revista Polimeros, v.20, p.401-406, 2010.

SANTOS, L. M. M., **Avaliação Ambiental de Processos Industriais**. Minas Gerais, Ed. ETFOP, 2002

SANTOS, L. M. M. dos. **Avaliação Ambiental de Processos Industriais**. Oficina de Textos. São Paulo, Brasil. 2011.

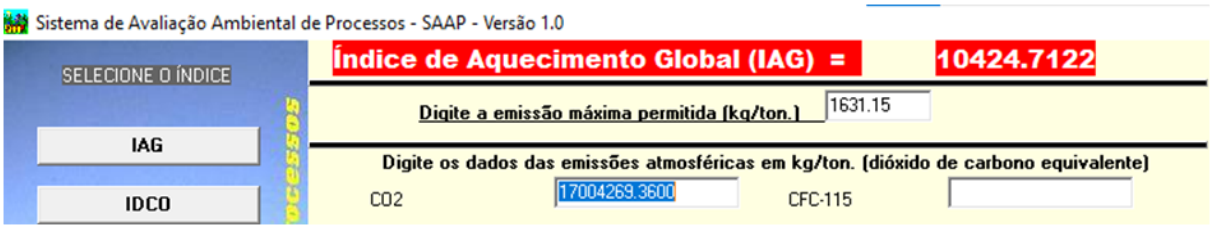
SEIFFERT, M. E. B. **ISO 14001: sistemas de gestão ambiental**. São Paulo: Atlas, 2005.

SOARES, D. C.; PIMENTA, H. C. D. **Auditoria de Sistema de Gestão Ambiental: Aplicação em uma indústria alimentícia em Natal/Rn**. RGSA, v. 51.162, 2011.

VELEVA, V.; ELLENBECKER, M. **Indicator of sustainable production: framework and methodology**. Journal of Cleaner Production. Elsevier, n. 9, pp. 519-549, 2001.

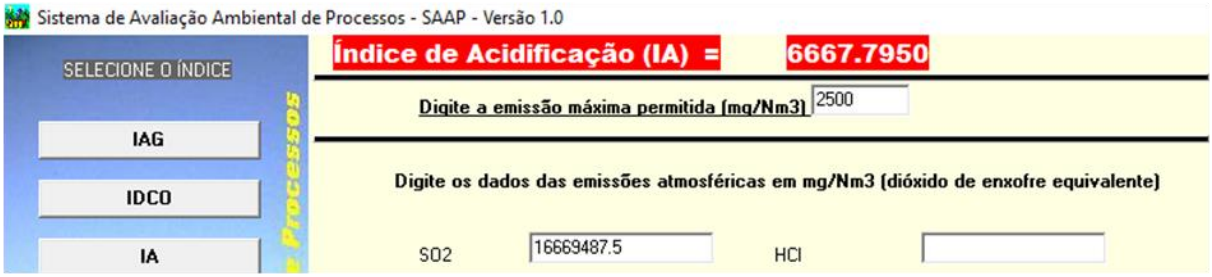
ANEXOS

Figura 04: Cálculo do IAG



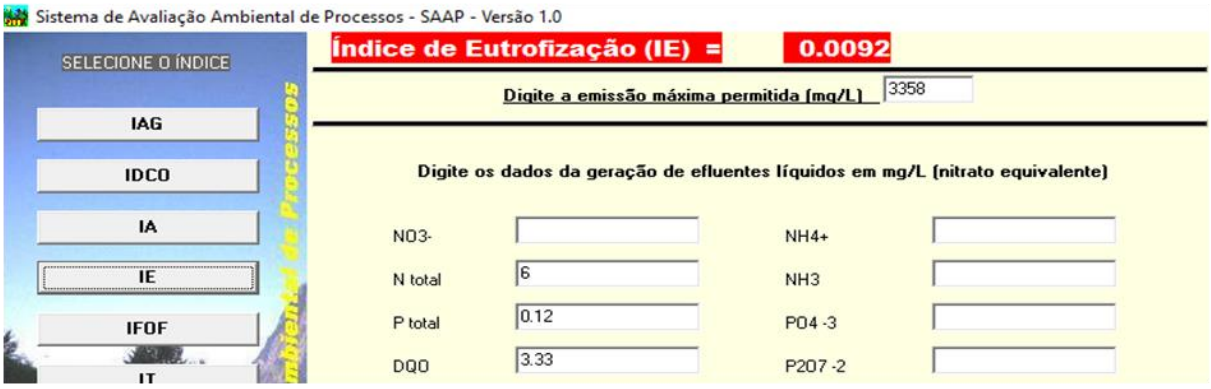
Fonte: Software SAAP

Figura 05: Cálculo do IA



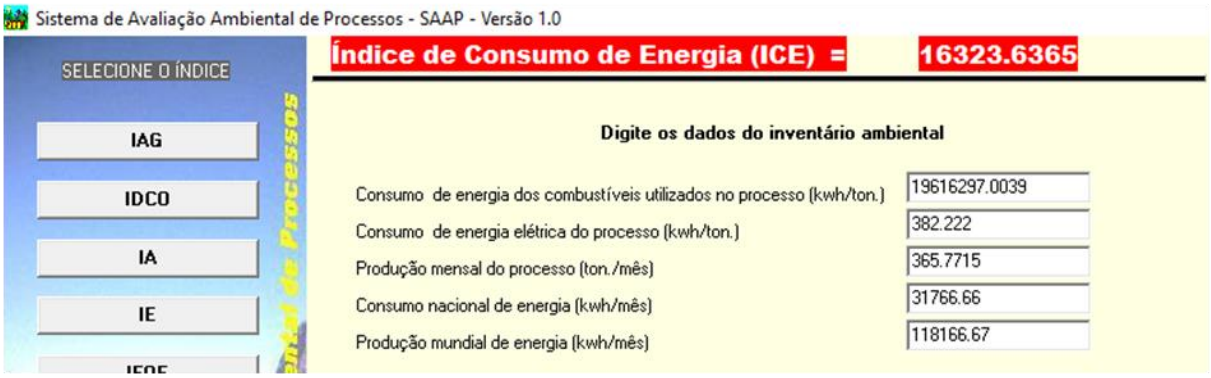
Fonte: Software SAAP

Figura 06: Cálculo do IE



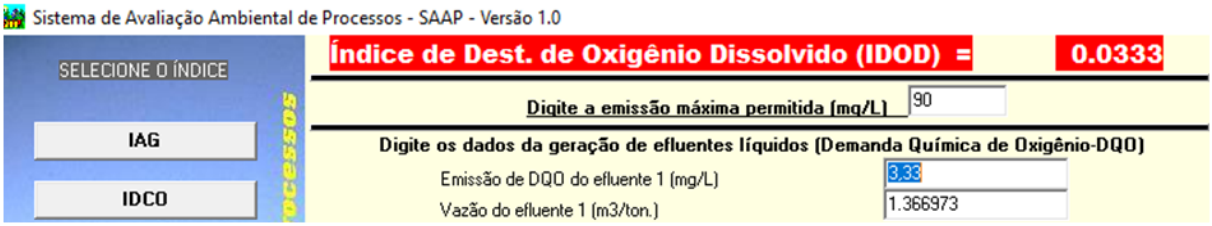
Fonte:Software SAAP

Figura 07: Cálculo do ICE



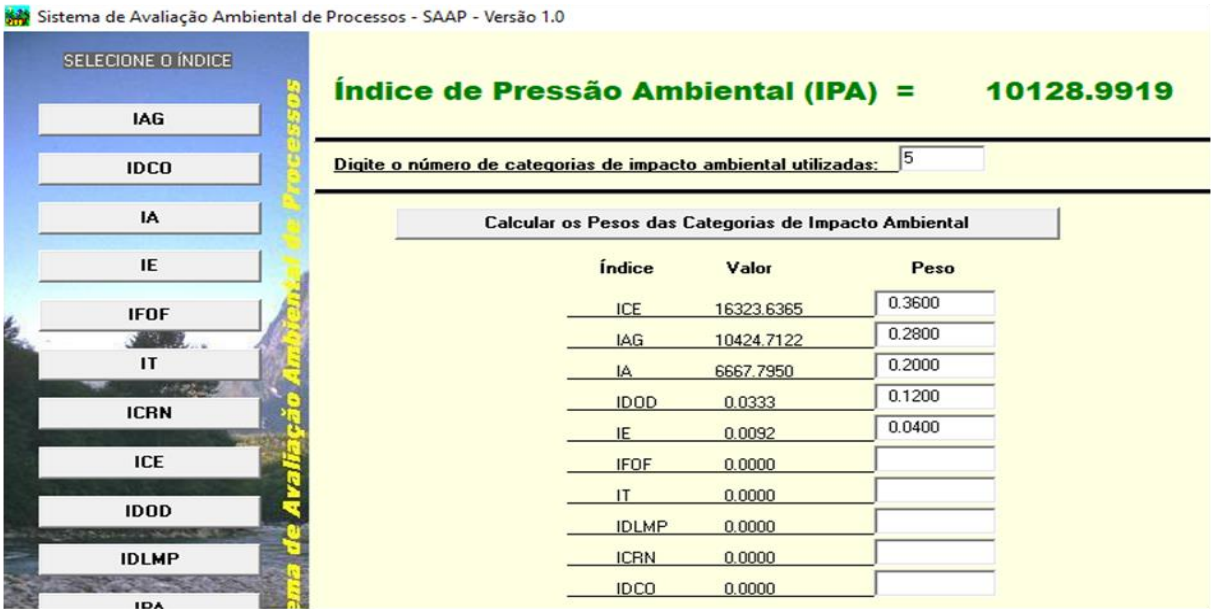
Fonte: Software SAAP

Figura 08: Cálculo do IDOD



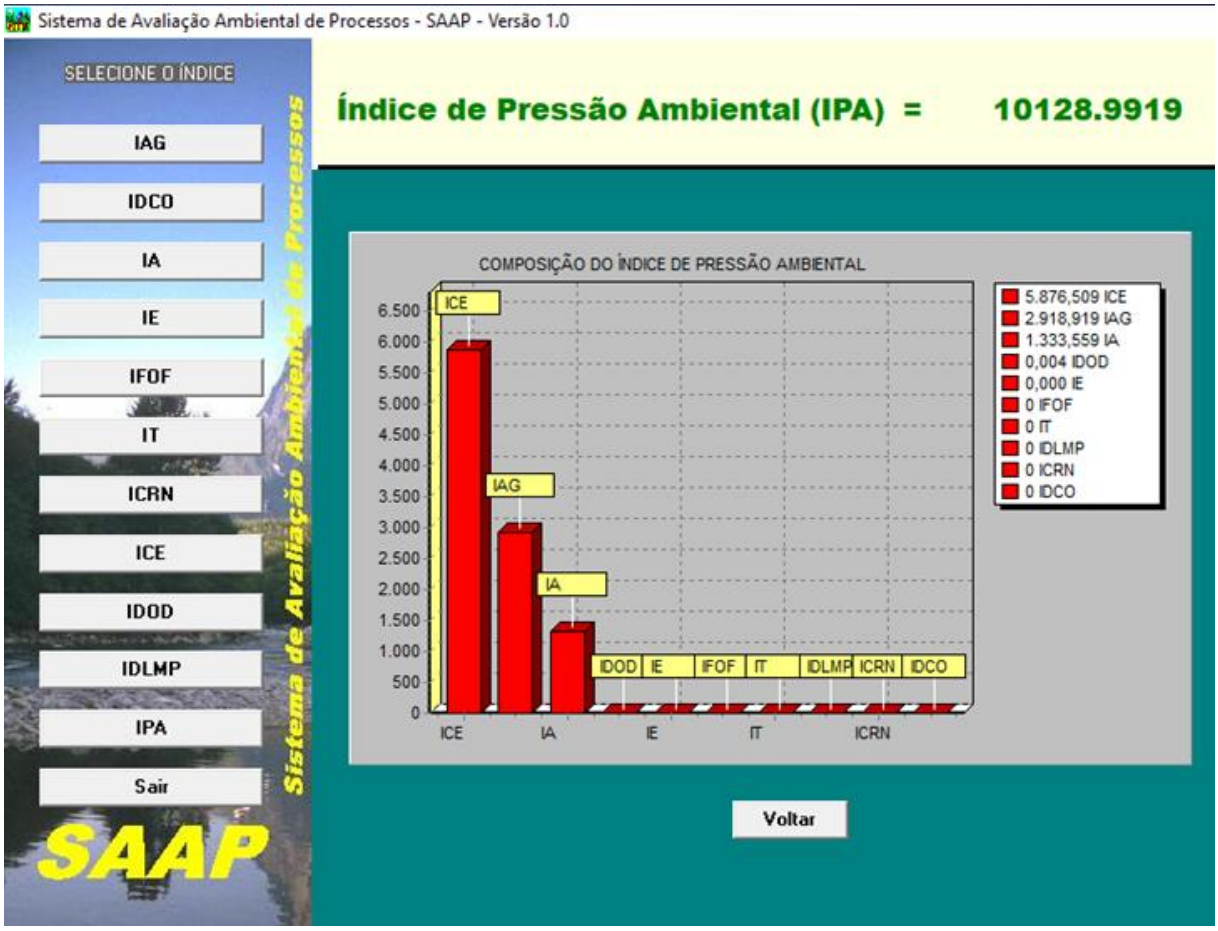
Fonte: Software SAAP

Figura 09: Cálculo do IPA



Fonte: Software SAAP

Figura 10: Composição do IPA



Fonte: Software SAAP