



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO AMBIENTAL
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO AMBIENTAL**

MÁRCIO CARNEIRO BOAVENTURA

**ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS DE OBRAS DE INFRAESTRUTURA DO
AEROPORTO INTERNACIONAL DO RECIFE – PERNAMBUCO – BRASIL**

Recife, 2023

MÁRCIO CARNEIRO BOAVENTURA

**ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS DE OBRAS DE INFRAESTRUTURA DO
AEROPORTO INTERNACIONAL DO RECIFE – PERNAMBUCO – BRASIL**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco.

Linha de Pesquisa 2: Gestão para a Sustentabilidade

Profa. Dra. Maria Tereza Duarte Dutra
Orientadora

Profa. Dra. Ioná Maria Beltrão Rameh Barbosa
Coorientadora

Recife, 2023

B662a Boaventura, Márcio Carneiro.
Aspectos e impactos ambientais de obras de infraestrutura do Aeroporto Internacional do Recife, Pernambuco, Brasil. / Márcio Carneiro Boaventura. – Recife, PE: O autor, 2023.
306 f.: color. ; il. ; 30 cm.

Orientadora: Profª. Drª. Maria Tereza Duarte Dutra.
Coorientadora: Profª. Drª. Ioná Maria Beltrão Rameh Barbosa.

Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco - IFPE, Campus Recife, Coordenação de Pós-Graduação - Mestrado Profissional em Gestão Ambiental, 2023.

Inclui referências e apêndice.

1. Indicadores de Sustentabilidade Ambiental. 2. Objetivo do Desenvolvimento Sustentável - ODS. 3. Aeroportos. 4. Gestão Ambiental. I. Dutra, Maria Tereza Duarte. (Orientadora). II. Barbosa, Ioná Maria Beltrão Rameh. (Coorientadora). III. Título.

658.4 CDD (22 Ed.)

MÁRCIO CARNEIRO BOAVENTURA

**ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS DE OBRAS DE INFRAESTRUTURA DO
AEROPORTO INTERNACIONAL DO RECIFE – PERNAMBUCO – BRASIL**

Dissertação submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco como parte integrante dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Gestão Ambiental.

Data da aprovação: 15/08/2023

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Maria Tereza Duarte Dutra
Orientadora – MPGA / IFPE

Profa. Dra. Ioná Maria Beltrão Rameh Barbosa
Coorientadora – MPGA / IFPE

Profa. Dra. Marília Regina Costa Castro Lyra
Examinadora Interna – MPGA / IFPE

Prof. Dr. Luís Cláudio Alves Borja
Examinador Externo – IFBA – Campus Feira de Santana

APRESENTAÇÃO

O autor é técnico em edificações pelo Centro de Educação Tecnológica do Estado da Bahia em 2006, engenheiro civil graduado em 2011 pela Universidade Estadual de Feira de Santana – Bahia e possui MBA Executivo em Gestão de Projetos pelo Centro Universitário SENAI-CIMATEC concluído no ano de 2018. Durante a graduação foi bolsista de iniciação científica entre os anos de 2005 e 2007, período no qual, participou de dois projetos de pesquisa focados em reciclagem de resíduos para produção de materiais de construção sustentáveis e realizou intercâmbio acadêmico no Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa em Portugal no ano de 2010.

Desenvolveu atividade de docência para o curso técnico em edificações do Centro de Educação Tecnológica do Estado da Bahia. Foi professor orientador do projeto: aplicação do resíduo da construção e demolição na produção de argamassas de revestimento. Também ministrou aulas para os alunos dos cursos técnicos em mineração e segurança do trabalho do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial da cidade de Feira de Santana-BA.

Iniciou sua carreira profissional em 2011, como engenheiro *trainee* em uma obra na Refinaria Alberto Pasqualini, onde foi implantado uma unidade de hidrotreamento para produção de diesel S-10. Esse produto possuía uma propriedade muito importante, era o diesel menos poluente entre todos os outros já comercializados no Brasil, ao final da obra em 2014.

Entre 2014 e 2017 foi responsável pela construção de duas torres empresariais constituídas de 11 pavimentos cada, totalizando 207 salas e 22 lojas. Algumas especificações de materiais e equipamentos para a edificação do prédio levaram em consideração características sustentáveis como lâmpadas de LED, vidros inteligentes que proporcionam a absorção da luz natural sem o aumento de temperatura interior dos ambientes e a instalação de uma estação de tratamento de esgoto própria.

O Aeroporto Internacional de Salvador, na Bahia, está entre as obras com maior relevância ambiental que já participou. O projeto desenvolvido e executado para a reforma e ampliação do Salvador Bahia *Airport* durante os anos de 2018 e 2019 foi pensado de acordo com o conceito da sustentabilidade, o que garantiu ao empreendimento o título de aeródromo mais sustentável do Brasil por dois anos consecutivos, 2019 e 2020.

Em 2020 participou de um projeto que teve como objetivo minimizar impactos ambientais oriundos da atividade de extração de zinco em mineração subterrânea; realizou a construção e montagem de um sistema de ventilação e exaustão no interior de uma mina na cidade de Vazante/Minas Gerais. O equipamento implantado garante a renovação do fluxo de ar, o equilíbrio de concentração de gases, o controle da temperatura e a quantidade de partículas em suspensão no subsolo de forma a condicionar um ambiente adequado de trabalho.

Atualmente está envolvido no portfólio de gestão de projetos e obras dos Aeroportos do Nordeste Brasileiro, constituído pelos aeroportos de Recife/Pernambuco, Maceió/Alagoas, João Pessoa/Paraíba, Aracaju/Sergipe, Juazeiro do Norte/Ceará e Campina Grande/Paraíba exercendo a função de Gerente de Projetos do aeroporto da cidade do Recife. Nesse contexto enxergou a oportunidade de desenvolver essa pesquisa, de maneira a identificar caminhos de racionalidade ambiental e econômica durante a execução das obras de reforma e expansão aeroportuárias; visto que essa temática ainda carece de maiores estudos.

Baseado na sequência cronológica apresentada anteriormente, o autor, tem participado de projetos com características interdisciplinares em que a gestão ambiental e o desenvolvimento sustentável estão presentes. Além disso, verifica-se que os respectivos empreendimentos apresentam diretrizes de gestão para sustentabilidade, tecnologias e inovações ambientais que convergem para a área de concentração e linhas de pesquisa do Mestrado Profissional em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Pernambuco.

Dedico essa pesquisa aos profissionais que contribuíram para a
execução das obras de ampliação do aeroporto do Recife

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco pela excelente estrutura disponibilizada, assim como pelo acesso aos periódicos, demonstrando a importância do investimento na educação pública de qualidade, colaborando na minha formação acadêmica e desenvolvimento profissional.

À professora doutora Maria Tereza Duarte Dutra, minha orientadora, pela constante parceria, pelo compartilhamento generoso de conhecimentos, confiança e dedicação incansável. Obrigado por me guiar e me abrir caminhos, por acreditar no meu trabalho, por me fazer ascender academicamente e profissionalmente. Além disso, agradeço o tratamento respeitoso e carinhoso que sempre teve por mim.

A minha coorientadora, professora doutora Ioná Maria Beltrão Rameh Barbosa, pelas contribuições no desenvolvimento da pesquisa.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental, Área de Concentração de Gestão para a Sustentabilidade, pelos conhecimentos compartilhados e a troca de experiências por meio das disciplinas.

A Aena Brasil, principalmente na pessoa da engenheira Liciane Netto Rigoni por abraçar essa causa e permitir a coleta dos dados para o desenvolvimento dessa pesquisa.

Ao Consórcio SEG, em especial aos engenheiros Natanael Mattos e Paulo Tonini, por todo apoio e motivação para a realização deste estudo.

Aos especialistas que colaboraram com a pesquisa, respondendo o índice de relevância para cada um dos indicadores sugeridos. Sem o auxílio desses profissionais teria sido muito mais complexo o desenvolvimento do produto educacional que esse estudo propõe.

Aos professores doutores Marília Regina Costa Castro Lyra e Luís Cláudio Alves Borja por aceitarem fazer parte da banca examinadora e pelas recomendações e contribuições concedidas na avaliação que melhoraram e enriqueceram o estudo.

Aos meus pais, Wilson e Neusa, por seu constante incentivo, apoio incansável e amor incondicional, que desempenharam um papel fundamental em minha jornada de formação.

À Aline, minha esposa e minha amiga, companheira, ouvinte, professora, psicóloga e tudo mais que ela representa em minha vida, gostaria de expressar minha profunda gratidão. Obrigado por sua incrível dedicação, por cada abraço acolhedor, gesto carinhoso, conselho sábio e palavra de encorajamento. Você tem sido meu alicerce em momentos de angústia e alegria compartilhada em todas as comemorações. Com você, me tornei uma pessoa melhor e mais feliz.

À minha pequena e amada Eva, expresso a minha eterna gratidão por ter transformado a minha vida para melhor desde o momento da sua chegada. Seu sorriso e amor incondicional iluminam cada dia, tornando cada momento mais precioso e significativo.

À minha irmã, Rosana, pelo companheirismo e por ter me emprestado os livros que utilizei na fase do processo seletivo.

À André Melo, por me apoiar e tirar as minhas dúvidas durante a fase de seleção.

Aos meus amigos de turma, por todas as horas de alegrias e de “desespero” compartilhadas, em especial à Núbia Muniz e Magaly Branco, por toda a parceria ao longo desse processo.

Aos meus amigos de vida, que mesmo distantes, se fizeram presentes durante a minha estadia no Recife, me incentivando, me fazendo sorrir e acreditar na realizaço desse sonho.

E a todos que contribuıram de alguma forma para a concluso dessa fase da minha vida, em especial aos profissionais envolvidos na execuo das obras de ampliao do aeroporto do Recife.

“A natureza pode suprir todas as necessidades do homem, menos a sua ganância” (Mahatma Gandhi)

RESUMO

A capacidade da infraestrutura aeroportuária brasileira está sendo expandida por meio do programa de concessão promovido pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), uma vez que o Governo Federal não realizou investimentos nas últimas décadas. O Aeroporto Internacional do Recife/Guararapes – Gilberto Freyre está sendo ampliado e remodelado para garantir o crescimento projetado de passageiros para os próximos anos. O objetivo deste trabalho foi analisar os aspectos e impactos ambientais da implementação de obras de infraestrutura de reforma e expansão do respectivo aeroporto. Para atingir esse propósito, aspectos e impactos ambientais foram identificados usando uma matriz adaptada de causa e efeito proposta por Degani (2003) para as fases de planejamento e construção. Os impactos ambientais inventariados foram avaliados através da metodologia sugerida por Conesa (2010). A conformidade com as atuais leis ambientais foi analisada por meio de uma lista de verificação, e a relevância de 97 indicadores de gestão ambiental para este tipo de projeto, agrupados em 8 classes adaptadas dos padrões do *Global Reporting Initiative*, foi verificada, por meio de consultas a especialistas através de um questionário estruturado e adaptado do método do Painel Delphi, no qual sua relevância foi medida usando a escala Likert (1932). O estudo revelou a manifestação de aspectos e impactos ambientais em ambas as etapas abordadas, e houve uma prevalência de impactos ambientais adversos moderados distribuídos nos meios receptores abiótico, biótico e antrópico. Em relação à conformidade com a legislação, foi observado que o objeto de estudo cumpre as atuais regulamentações ambientais no Brasil. Foram propostos o monitoramento de 30 indicadores de gestão ambiental para projetos aeroportuários com as suas devidas priorizações. A partir da análise dos dados, foi possível perceber que o método utilizado para priorizar os indicadores associados aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 potencializa e contribui para a identificação de aspectos e impactos ambientais, bem como na mitigação de efeitos ambientais adversos. Além disso, o programa de concessão de infraestrutura aeroportuária brasileira oferece benefícios em todos os aspectos, e a relação de indicadores proposta é uma ferramenta que ajuda a alcançar alguns dos ODS recomendados pela Organização das Nações Unidas em 2015.

Palavras-chave: Indicadores de sustentabilidade, construção de aeroportos, gestão ambiental, avaliação ambiental, objetivos de desenvolvimento sustentável

ABSTRACT

The capacity of the Brazilian airport infrastructure is undergoing expansion through the National Civil Aviation Agency's (ANAC) concession program, in response to a lack of government investments in recent decades. The Recife/Guararapes – Gilberto Freyre International Airport is currently undergoing renovations and expansions to accommodate projected passenger growth in the coming years. This study aims to analyze the environmental aspects and impacts associated with the implementation of infrastructure projects for the airport's renovation and expansion. To achieve this goal, we identified environmental aspects and impacts using a modified cause-and-effect matrix based on the Degani (2003) framework for both the planning and construction phases. We assessed the inventoried environmental impacts using Conesa (2010) methodology. Additionally, we evaluated compliance with current environmental regulations in Brazil through a checklist. Furthermore, we gauged the relevance of 97 environmental management indicators, grouped into 8 categories adapted from Global Reporting Initiative standards, by consulting experts through a structured questionnaire, following the Delphi Panel method and Likert scale (1932) for measuring relevance. Our findings reveal the presence of environmental aspects and impacts in both project phases, with a predominance of moderate adverse environmental impacts across abiotic, biotic, and anthropic receptor domains. In terms of regulatory compliance, our study confirms adherence to current Brazilian environmental laws. We also propose monitoring 30 environmental management indicators for airport projects, along with their prioritization. Our data analysis demonstrates that the method employed for prioritizing indicators associated with the Sustainable Development Goals (SDGs) of the 2030 Agenda enhances the identification of environmental aspects and impacts and contributes to mitigating adverse environmental effects. Furthermore, the Brazilian airport infrastructure concession program offers multifaceted benefits and the suggested list of indicators serves as a valuable tool for advancing several of the SDGs outlined by the United Nations in 2015.

Keywords: Sustainability indicators, airport construction, environmental management, environmental assessment, sustainable development goals.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Previsão de recuperação de passageiros aéreos em escala mundial	27
Figura 2 - Aeroportos concedidos na 7ª Rodada pela Agência Nacional da Aviação Civil.....	28
Figura 3 - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável propostos pela Organização das Nações Unidas	36
Figura 4 - Formação de aspectos e impactos ambientais pela construção civil	43
Figura 5 - Atividades construtivas sugerido pela <i>European Commission</i> para construção civil	57
Figura 6 - Previsão de passageiros para o Aeroporto do Recife até o ano de 2048	62
Figura 7 - Vista aérea do Aeroporto do Recife referente ao ano de 2019	63
Figura 8 - Vista aérea com a sobreposição das intervenções previstas para o Aeroporto do Recife.....	64
Figura 9 - Interação dos processos de Gestão Integrada de Qualidade e Meio Ambiente da Aena	76
Figura 10 – Declaração de desempenho ambiental do aço CA-50.....	84
Figura 11 - Valores de referência para os indicadores ambientais ao fim da obra.....	85
Figura 12 - Vista aérea do entorno do Aeroporto Internacional do Recife/Guararapes Gilberto Freyre	90
Figura 13 - Evolução da movimentação anual de passageiros em SBRF	91
Figura 14 - Vista <i>airside</i> anterior as intervenções de obras no Aeroporto Internacional do Recife/Guararapes	92
Figura 15 - Vista da nova configuração <i>airside</i> do Aeroporto Internacional do Recife/Guararapes	93
Figura 16 - Áreas com intervenções no Terminal de Passageiros do Aeroporto do Recife	94
Figura 17 - Fluxograma metodológico proposto para atingir os objetivos da pesquisa	95
Figura 18 - Página inicial do questionário aplicado aos especialistas consultados	105
Figura 19 - Distribuição percentual dos impactos ambientais por meio da fase de planejamento	109
Figura 20 - Distribuição dos impactos ambientais por natureza e meio ao longo da fase de planejamento	110
Figura 21 - Distribuição dos impactos ambientais por aspectos na fase de planejamento da obra	111
Figura 22 - Quantitativo dos impactos ambientais por natureza na fase de planejamento da obra.....	112
Figura 23 - Distribuição percentual dos impactos ambientais por meio da fase de construção	115
Figura 24 - Distribuição dos impactos ambientais por natureza e meio ao longo da fase de construção	116
Figura 25 - Distribuição dos impactos ambientais por aspectos na fase de construção de SBRF.....	117
Figura 26 - Quantitativo dos impactos ambientais por natureza na fase de construção	118
Figura 27 - Distribuição acumulada dos impactos ambientais por meio receptor em ambas as fases	120
Figura 28 - Quantitativo de impactos ambientais, acumulados, por meio receptor e natureza em ambas as fases	121
Figura 29 - Distribuição dos impactos ambientais por aspectos ao longo de todo o projeto de SBRF	122
Figura 30 - Quantitativo dos impactos ambientais identificados ao longo da obra de SBRF	124
Figura 31 - Execução de terraplanagem na faixa preparada.....	125
Figura 32 - Treinamento realizado para a força de trabalho da obra em estudo	126
Figura 33 - Equipamentos em movimento durante atividade de terraplanagem	127
Figura 34 - Andaimos fachadeiros para execução da fachada da ampliação do TPS.....	128
Figura 35 - Serviço de pavimentação sob cobertura provisória em dia chuvoso	128
Figura 36 - Assentamento de granito no corredor de desembarque internacional	129
Figura 37 - Uso de água durante limpeza de contrapiso para aplicação de revestimento	130
Figura 38 - Máquinas consumindo combustível durante operação	131
Figura 39 - Frente de trabalho iluminada durante horário de almoço	132

Figura 40 - Corpos de prova em cura úmida para ensaios de resistência mecânica.....	133
Figura 41 - Controle tecnológico dos serviços de terraplanagem	134
Figura 42 - Danos à rede elétrica enterrada durante escavação mecanizada.....	134
Figura 43 - Contenção de água contaminada por óleo hidráulico de caminhão munck.....	135
Figura 44 - Desperdício de bloco de concreto durante execução de alvenaria	136
Figura 45 - Planta de paginação da alvenaria da sala de inspeção	137
Figura 46 - Anúncio das obras de SBRF pelo Ministério do Turismo.....	138
Figura 47 - Emissão de gases poluentes por equipamentos durante atividades de concretagem	139
Figura 48 - Emissão de material particulado durante fresagem de pavimento.....	140
Figura 49 - Ilustração do recuo da cabeceira 36 devido NOTAM	141
Figura 50 - Área de estocagem de materiais e insumos próximo ao ponto de aplicação	142
Figura 51 - Folder distribuído durante pesquisa com a vizinhança.....	143
Figura 52 - Resíduos gerados durante demolição de áreas internas do TPS	144
Figura 53 - Emissão de ruídos por equipamentos em atividade de terraplanagem	145
Figura 54 - Tráfego de veículos gerado por fornecimento de materiais.....	146
Figura 55 - Vibração gerada pela compactação do solo para construção de taxiway	146
Figura 56 - Sanitários químicos alocados no canteiro de obra.....	147
Figura 57 - Aterro realizado com material reciclado oriundo da demolição dos hangares	148
Figura 58 - Coletores de resíduos devidamente identificados.....	148
Figura 59 - Montagem de viga metálica com uso de guindaste	149
Figura 60 - Remoção de ponte de embarque existente para adequação	150
Figura 61 - Pavimentação de <i>taxiway</i> executada com uso de iluminação artificial	151
Figura 62 - Teste de estanqueidade após impermeabilização da sala de ar-condicionado.....	151
Figura 63 - Impermeabilização do terreno natural com asfalto para prolongamento de filete.....	152
Figura 64 - Liberação de fragmentos e centelha durante instalação de rede de combate ao incêndio	153
Figura 65 - Liberação de odores durante soldagem da rede de queroduto.....	153
Figura 66 - Declaração de Viabilidade do Empreendimento emitida pela COMPESA.....	154
Figura 67 - Obstrução ao acesso de SBRF durante revitalização da sinalização do sistema viário	156
Figura 68 - Alerta enviado com antecedência pela empresa aérea sobre a obra	156
Figura 69 - Perda de materiais incorporada nas embalagens de argamassa	157
Figura 70 - Rebaixamento do lençol freático durante escavação para arrasamento de estacas.....	158
Figura 71 - Remoção de hangares na região de ampliação do pátio de aeronaves.....	158
Figura 72 - Solo desmoronado após escavação e ocorrência de chuvas	159
Figura 73 - Serviço topográfico no Airside.....	160
Figura 74 - Investigação das características e propriedades do solo	161
Figura 75 - Retirada de vegetação para ampliação do pátio de aeronaves.....	161
Figura 76 - Teste e comissionamento na ampliação do canal de inspeção.....	162
Figura 77 - Uso da Rua Lula Cardoso Ayres por caminhão durante o fornecimento de material	163
Figura 78 - Distribuição dos impactos ambientais na fase de planejamento.....	169
Figura 79 - Distribuição dos impactos ambientais na fase de construção	175
Figura 80 - Visão da zona de transição operacional antes do início da concessão.....	185
Figura 81 - Visão mais atual (abril de 2023) de satélite na zona de transição operacional.....	186
Figura 82 - Distribuição dos especialistas consultados no território brasileiro	191
Figura 83 - Distribuição da formação profissional dos especialistas consultados	192
Figura 84 - Nuvem de palavras desenvolvidas por meio da análise das funções.....	193
Figura 85 - Análise da confiabilidade das respostas dos 97 indicadores avaliados	195
Figura 86 - Análise da confiabilidade das respostas dos 36 indicadores da categoria material	197
Figura 87 - Conduta da relevância do indicador controle de perdas de material por retrabalho.....	200

Figura 88 - Relevância distribuída do indicador uso de material reaproveitado	201
Figura 89 - Relevância distribuída do indicador uso de material reaproveitado	202
Figura 90 - Análise da confiabilidade das respostas dos 5 indicadores da categoria energia	204
Figura 91 - Distribuição da relevância do indicador consumo de energia elétrica.....	206
Figura 92 - Relevância distribuída do indicador desperdício de energia	207
Figura 93 - Confiabilidade das respostas da categoria combustíveis e derivados de petróleo	209
Figura 94 - Distribuição da relevância do indicador consumo de combustível por retrabalho	211
Figura 95 - Distribuição da relevância do indicador consumo de óleo diesel.....	212
Figura 96 - Relevância do indicador controle de perda de combustível por derramamento	213
Figura 97 - Relevância do indicador controle de perda de combustível por equipamento ligado e parado - sem trabalhar	214
Figura 98 - Confiabilidade das respostas dos 11 indicadores da categoria águas e efluentes.....	215
Figura 99 - Distribuição da relevância do indicador captação e consumo de água de chuva.....	218
Figura 100 - Relevância distribuída do indicador captação e consumo de água de reuso	219
Figura 101 - Relevância do indicador captação e consumo de água de superfície - rios, lagos e córregos	220
Figura 102 - Comportamento da relevância do indicador água de reaproveitamento da produção	221
Figura 103 - Comportamento da relevância do indicador água de reaproveitamento da produção	222
Figura 104 - Relevância distribuída do indicador descarte de efluentes dos sanitários químicos.....	223
Figura 105 - Distribuição da relevância do indicador desperdício de água	224
Figura 106 - Relevância do indicador consumo de água para lavagem de betoneiras e caminhões betoneiras	225
Figura 107 - Confiabilidade das respostas dos indicadores do grupo emissões de gases e materiais particulados	227
Figura 108 - Comportamento da relevância do indicador emissão de dióxido de carbono - CO ₂	229
Figura 109 - Relevância distribuída do indicador redução de emissão de gases do efeito estufa	231
Figura 110 - Confiabilidade das respostas dos 21 indicadores da categoria em análise	233
Figura 111 - Conduta da relevância do indicador concreto.....	235
Figura 112 - Relevância distribuída do indicador embalagens de tintas e solventes	236
Figura 113 - Relevância distribuída do indicador plásticos e PVC.....	237
Figura 114 - Distribuição da relevância do indicador tintas e solventes	238
Figura 115 - Relevância distribuída do indicador asfalto.....	239
Figura 116 - Distribuição da relevância do indicador derivados de borrachas	240
Figura 117 - Distribuição da relevância do indicador dispositivos eletrônicos.....	241
Figura 118 - Desempenho da relevância do indicador hospitalar	242
Figura 119 - Confiabilidade dos 6 indicadores da categoria avaliação ambiental de fornecedores	244
Figura 120 - Distribuição da relevância do indicador números de fornecedores identificados como causadores de impactos ambientais negativos.....	246
Figura 121 - Confiabilidade dos 3 indicadores da categoria conformidade ambiental	248
Figura 122 - Distribuição da relevância do indicador valor monetário total das multas ambientais...	250
Figura 123 - Distribuição da relevância do indicador número total das sanções não monetárias dos desvios ambientais	251

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Publicações sobre aspectos ambientais em obras aeroportuárias.....	43
Quadro 2 - Publicações sobre impactos ambientais em obras aeroportuárias identificadas na base Scopus	45
Quadro 3 - Matriz de identificação dos aspectos e impactos ambientais em canteiros de obras proposta por Degani (2003)	50
Quadro 4 - Matriz de conexão entre aspectos e impactos ambientais em canteiros de obras	51
Quadro 5 - Aspectos ambientais das atividades construção civil e seus impactos ambientais	52
Quadro 6 - Atividades, aspectos e impactos ambientais da fase inicial de uma obra	55
Quadro 7 - Atividades, aspectos e impactos ambientais da fase intermediária de uma obra	56
Quadro 8 - Atividades, aspectos e impactos ambientais da fase final de uma obra	56
Quadro 9 - Matriz de análise de aspectos ambientais gerados em canteiros de obras	58
Quadro 10 - Métodos utilizados para avaliação dos impactos ambientais da construção civil.....	59
Quadro 11 - Leis ambientais expedidas pelo Município do Recife.....	69
Quadro 12 - Ordenação dos indicadores ambientais durante a etapa de concepção de projetos.....	78
Quadro 13 - Indicadores ambientais praticados com êxito na construção civil	81
Quadro 14 - Proposta de indicadores de sustentabilidade na dimensão ambiental	82
Quadro 15 - Publicações sobre indicadores ambientais em obras aeroportuárias	85
Quadro 16 - Áreas com intervenções no Terminal de Passageiros do Aeroporto do Recife	94
Quadro 17 - Matriz de identificação de aspectos e impactos ambientais adaptadas para fase de planejamento de obras aeroportuárias	97
Quadro 18 - Matriz de identificação de aspectos e impactos ambientais adaptadas para fase de construção de obras aeroportuárias	98
Quadro 19 - Atributos de avaliação da importância do impacto ambiental	100
Quadro 20 - Classificação dos impactos ambientais pelo método de Conesa (2010)	101
Quadro 21 - Manifestação temporal dos impactos ambientais.....	102
Quadro 22 - Matriz de identificação de aspectos e impactos ambientais da fase de planejamento da obra do Aeroporto Internacional do Recife/Guararapes Gilberto Freyre (SBRF).....	108
Quadro 23 - Matriz de identificação de aspectos e impactos ambientais da fase de construção da obra do Aeroporto Internacional do Recife/Guararapes Gilberto Freyre (SBRF).....	114
Quadro 24 - Impactos ambientais simultâneos as fases de Planejamento e Construção.....	119
Quadro 25 - Impactos ambientais identificados apenas na fase de planejamento.....	119
Quadro 26 - Impactos ambientais identificados apenas na fase de construção	120
Quadro 27 - Relação de procedimentos para o monitoramento ambiental	155
Quadro 28 - Avaliação dos impactos ambientais da fase de planejamento no meio abiótico	164
Quadro 29 - Avaliação dos impactos ambientais da fase de planejamento no meio biótico.....	166
Quadro 30 - Análise dos impactos ambientais da fase de planejamento no meio antrópico.....	167
Quadro 31 - Classificação dos impactos ambientais da fase de construção no meio abiótico	170
Quadro 32 - Avaliação dos impactos ambientais da fase de construção no meio biótico	172
Quadro 33 - Avaliação dos impactos ambientais da fase de construção no meio antrópico	173
Quadro 34 - Relação de ações mitigadoras para os impactos ambientais de obras aeroportuárias	176
Quadro 35 - Distribuição das áreas de atuação dos especialistas consultados	190
Quadro 36 - Tempo de experiência profissional dos entrevistados.....	193
Quadro 37 - Indicadores ambientais propostos para os materiais no questionário	196
Quadro 38 - Distribuição da relevância dos indicadores indicados para a classe de materiais	198

Quadro 39 - Indicadores ambientais propostos para o grupo energia via questionário.....	203
Quadro 40 - Distribuição da relevância dos indicadores propostos para a classe energia	205
Quadro 41 - Sugestão de indicadores para classe combustíveis e derivados de petróleo	208
Quadro 42 - Distribuição da relevância dos indicadores propostos para a classe combustíveis e derivados de petróleo	210
Quadro 43 - Indicadores ambientais propostos para a série águas e efluentes.....	215
Quadro 44 - Distribuição da relevância dos indicadores propostos para o grupo águas e efluentes...	216
Quadro 45 - Sugestão de indicadores para classe combustíveis e derivados de petróleo	226
Quadro 46 - Distribuição da relevância dos indicadores propostos para a classe emissões de gases e materiais particulados.....	228
Quadro 47 - Indicadores ambientais propostos para os materiais no questionário	232
Quadro 48 - Distribuição da relevância dos indicadores indicados para a categoria geração de resíduos sólidos	234
Quadro 49 - Indicadores ambientais para a classe avaliação ambiental de fornecedores	243
Quadro 50 - Distribuição da relevância dos indicadores indicados para a categoria avaliação ambiental de fornecedores	245
Quadro 51 - Indicadores ambientais para a classe conformidade ambiental.....	247
Quadro 52 - Distribuição da relevância dos indicadores indicados para o conjunto conformidade ambiental	249
Quadro 53 - Relação de indicadores propostos a serem monitorados em obras de aeroportos.....	252

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACI	<i>Airports Council International</i>
ANAC	Agência Nacional da Aviação Civil
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CDA	<i>Chicago Department of Aviation</i>
CO ₂	Dióxido de Carbono
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DECEA	<i>Departamento de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro</i>
ESG	<i>Environmental, Social and Governance</i>
EVTEA	Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental
FAA	<i>Federal Aviation Administration</i>
GBCB	<i>Green Building Council Brasil</i>
GEE	Gases de Efeito Estufa
GRI	<i>Global Reporting Initiative</i>
IATA	<i>International Air Transport Association</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICAO	<i>International Civil Aviation Organization</i>
INFRAERO	Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
MINFRA	Ministério da Infraestrutura
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
OPEI	Orientação Prévia para Empreendimentos de Impacto
PAN	Plano Aeroviário Nacional
PEA	Plano de Exploração Aeroportuária
PIB	Produto Interno Bruto
PLANARES	Plano Nacional de Resíduos Sólidos
PMI	<i>Project Management Institute</i>
PNAC	Política Nacional de Aviação Civil
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PPD	Pista de Pouso e Decolagem
RBAC	Regulamento Brasileiro da Aviação Civil
RESA	<i>Runway End Safety Area</i>
SBRF	Aeroporto Internacional do Recife/Guararapes – Gilberto Freyre
TPS	Terminal de Passageiros
WGBC	<i>World Green Building Council</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	20
1.1 OBJETIVOS.....	23
1.1.1 Objetivo Geral.....	23
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	23
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	25
2.1 A CONSTRUÇÃO DE AEROPORTOS E OS ASPECTOS AMBIENTAIS	25
2.1.1 A construção civil e as obras aeroportuárias	30
2.1.2 Aspectos e impactos ambientais em obras aeroportuárias	42
2.1.3 Aeroporto do Recife e obras de modernização	60
2.2 A LEGISLAÇÃO AMBIENTAL APLICADA ÀS OBRAS AEROPORTUÁRIAS.....	64
2.3 GESTÃO AMBIENTAL DE OBRAS AEROPORTUÁRIAS	70
2.3.1 Sustentabilidade ambiental em obras aeroportuárias	71
2.3.2 Boas práticas de gestão ambiental em aeroportos	73
2.3.3 Indicadores de sustentabilidade ambiental em obras aeroportuárias.....	76
3 METODOLOGIA	88
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	89
3.2 DESCRIÇÃO DOS MÉTODOS	95
3.2.1 Identificação dos aspectos e impactos ambientais de obras aeroportuárias	95
3.2.2 Avaliação dos impactos ambientais de obras aeroportuária.....	99
3.2.3 Conferência do cumprimento da legislação ambiental vigente.....	103
3.2.4 Recomendação de indicadores de gestão ambiental para obras aeroportuárias	103
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	107
4.1 IDENTIFICAÇÃO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS DA OBRA.....	107
4.2 AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DE OBRAS AEROPORTUÁRIAS E SUGESTÕES DE AÇÕES MITIGADORAS	163
4.2.1 Avaliação dos impactos ambientais identificados na fase de planejamento	163
4.2.2 Avaliação dos impactos ambientais identificados na fase de construção.....	169
4.2.3 Propostas de ações ambientais mitigadoras para os impactos identificados na obra	176

4.3 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL APLICADA A OBRA AEROPORTUÁRIA.....	182
4.4 PROPOSTA DE INDICADORES DE GESTÃO AMBIENTAL PARA OBRA AEROPORTUÁRIA	190
4.4.1 Materiais.....	195
4.4.2 Energia	203
4.4.3 Combustíveis e Derivados de Petróleo.....	208
4.4.4 Águas e Efluentes.....	214
4.4.5 Emissões de Gases e Materiais Particulados	226
4.4.6 Geração de Resíduos Sólidos	231
4.4.7 Avaliação Ambiental de Fornecedores.....	243
4.4.8 Conformidade Ambiental	247
4.4.9 Análise das Questões Abertas	253
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	255
REFERÊNCIAS	259
APÊNDICE A – Questionário.....	278
APÊNDICE B – Produto Educacional	288

1 INTRODUÇÃO

A aviação e os aeroportos possuem um papel fundamental no cenário logístico, social e econômico a nível global e brasileiro. No entanto, a construção e a expansão da infraestrutura aeroportuária são responsáveis por vários aspectos e impactos ambientais, a exemplo da geração de resíduos; consumo de materiais; emissão de ruídos e vibrações; entre outros que carecem de maiores estudos.

O Brasil possui um território de proporções continentais, sendo considerado um dos maiores países do mundo. De acordo com o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2010), o transporte aéreo é um excelente meio de integração em nações com as dimensões e paisagens geográficas variadas como a brasileira. Segundo a Portaria nº PR-197, de 21 de março de 2023, publicada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023), o país tem uma área de aproximadamente 8.510.417,771 km².

Conforme Neto e Souza (2011), devido a estabilidade econômica do Brasil no início dos anos 2000, houve um acréscimo de demanda por viagens e processamentos de cargas aéreas sem que houvesse investimentos proporcionais para aumentar a capacidade operacional dos aeroportos nacionais. Para Machado *et al.* (2019), existiu uma crescente movimentação de passageiros na ordem de 14,5% entre os anos de 2004 e 2011 acarretando pressão sobre a infraestrutura aeroportuária nacional, que, por sua vez, não se desenvolveu no mesmo ritmo. Dessa forma, o Governo Federal iniciou em 2011 o processo de concessão aeroportuária por meio do Programa de Parcerias de Investimento conforme o Decreto Federal nº 7.531/2011.

Até o momento já ocorreram sete rodadas de concessões aeroportuárias, resultando em investimentos e obras de ampliação em 59 aeroportos brasileiros. O Aeroporto Internacional do Recife/Guararapes – Gilberto Freyre (SBRF¹) fez parte da quinta rodada de concessão promovida pela Agência Nacional da Aviação Civil (ANAC), conforme Decreto Federal nº 9.180, de 24 de outubro de 2017. Para atendimento das exigências do Contrato de Concessão nº 001/ANAC/2019 – Bloco Nordeste (ANAC, 2019), o SBRF está sendo reformado, ampliado e remodelado segundo o Plano de Exploração Aeroportuária (PEA) correspondente a 30 anos de concessão a partir de 2019.

Esses investimentos são responsáveis pela ampliação e melhoria da qualidade dos serviços prestados pelo SBRF, facilitando a interligação entre as regiões e as pessoas, contribuindo com o desenvolvimento socioeconômico local. Gonçalves da Silva *et al.* (2022)

¹ SBRF é a sigla que identifica o Aeroporto Internacional do Recife/Guararapes – Gilberto Freyre, de acordo com a classificação da *International Civil Aviation Organization* (ICAO).

verificaram que os aeroportos concedidos a iniciativa privada apresentam um desempenho superior a de 2,2 vezes a infraestrutura e procedimentos em relação aos operados pela Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (INFRAERO). Antes mesmo do término da obra em análise, SBRF já apresenta números que o coloca como o segundo melhor aeroporto do mundo na sua categoria (*AirHelp*, 2022).

Conforme Karagiannis *et al.* (2019) a aviação está entre os setores que contribuem significativamente com o Produto Interno Bruto (PIB) mundial. Para a *International Air Transport Association* (IATA, 2019) o transporte aéreo colabora expressivamente na economia brasileira, sendo responsável por 1,1% do PIB do país, e a projeção realizada antes da pandemia de COVID-19 era de um aumento de 105% da demanda entre 2017 e 2037. O *Airports Council International* (ACI, 2019) estimou para o ano de 2040 a movimentação global de passageiros de 19,7 bilhões e 476 milhões somente no Brasil.

Apesar das previsões otimistas para os próximos anos, recentemente a aviação teve suas atividades interferidas devido a pandemia de COVID-19, onde houve o fechamento das fronteiras entre os países com o intuito de reduzir a transmissão da doença. De acordo com o *Annual Review 2020* publicado pela IATA, o tráfego global de passageiros em abril de 2020 foi 94% inferior em relação ao mesmo período do ano anterior. A associação confirmou que esse foi o maior choque que a indústria da aviação enfrentou desde a 2ª Guerra Mundial.

Segundo a IATA (2022) esse cenário começou a mudar devido ao avanço da vacinação e a abertura das fronteiras, reforçando as estimativas de crescimento por viagens aéreas. O ACI (2022) verificou um aumento da demanda de passageiros no primeiro semestre de 2022 frente ao período pré-pandêmico na Colômbia, México e Nigéria. A instituição identificou que outros países apresentaram progresso, porém ainda abaixo dos registrados em 2019, como, os Estados Unidos (87%), Espanha (82%), Brasil (80%) e Índia (75%).

Ainda de acordo com o órgão, outro item que tem prejudicado a recuperação da aviação, em especial na Europa, é o conflito bélico iniciado em 2022 entre Rússia e Ucrânia. Segundo o ACI (2023) o tráfego de passageiros a nível mundial em 2022 foi 72% dos níveis de 2019 e a retomada do volume de viajantes ocorreu de maneira não homogênea no cenário mundial, sendo que o mercado latino-americano e caribenho registrou 91% dos números de 2019 enquanto a região da Ásia-Pacífico chegou a apenas 52%. A entidade estima que o tráfego global de viajantes atinja e transponha os níveis anteriores à pandemia de COVID-19 somente em 2024.

Para Machado *et al.* (2019) a INFRAERO enfrentou dificuldades para execução de investimentos ocasionando um grande déficit na infraestrutura dos aeroportos brasileiros, de modo que 65% dos principais aeródromos administrados pelo órgão apresentavam restrições

operacionais em função do terminal de passageiros (TPS) e/ou do sistema de pátios e pistas de aeronaves. O Ministério da Infraestrutura (MINFRA, 2020) reforça a informação de Machado *et al.* (2019) e destaca que o aumento da capacidade dos aeroportos nos últimos anos não acompanhou o crescimento da demanda. Com o propósito de amenizar a deficiência da logística aérea do país, o Governo do Brasil tem transferido a administração de seus aeroportos para a iniciativa privada por meio das concessões aeroportuárias.

Essas melhorias das infraestruturas dos aeroportos nacionais, como ressalta Renzetti (2018), demandam de complexas obras de engenharia e conseqüentemente são responsáveis pela geração de aspectos e impactos ambientais adversos.

Nesse sentido, Wells e Young (2004) já afirmavam que a construção de um aeroporto carece de uma avaliação dos impactos ambientais gerados, associado a um plano de mitigação desses impactos durante a fase de obras. Para mitigar esses fatores, Froufe *et al.* (2020) sinalizam que a adoção de indicadores de sustentabilidade no planejamento da obra, juntamente com a presença de uma equipe consciente e engajada são essenciais para alcançar uma obra sustentável.

Entretanto, as obras de ampliação originaram alguns aspectos e impactos ambientais, os quais se buscou identificar ao longo desse estudo de forma a serem evitados, mitigados ou compensados. Conesa (2010) afirma que além da identificação dos impactos ambientais de um projeto, como a melhoria da infraestrutura aeroportuária, é fundamental que os mesmos sejam avaliados. Para o autor, somente após uma análise criteriosa é possível elencar as possíveis medidas corretivas para minimizar os seus efeitos.

Neste contexto, essa pesquisa justifica-se pela necessidade de analisar os aspectos e impactos ambientais oriundos das obras de expansão de infraestrutura aeroportuária, de maneira a implantar ações mitigadoras e de gestão para a sustentabilidade ambiental para ter um canteiro de baixo impacto. Devido a sua magnitude e por envolver várias especialidades da engenharia, uma obra aeroportuária, é uma excelente oportunidade de racionalizar o uso dos recursos naturais e de aprimoramento da eficiência energética dos diversos sistemas e equipamentos por meio de tecnologias sustentáveis.

Esse processo está aderente aos propósitos de alguns dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030, proposta pela Organização das Nações Unidas (ONU, 2015). Dentre esses ODS's, pode-se destacar os de número 6 (Água Potável e Saneamento), 7 (Energia Limpa e Acessível), 8 (Trabalho Decente e Crescimento Econômico), 9 (Indústria, Inovação e Infraestrutura), 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis), 12 (Consumo e Produção Responsáveis), 13 (Ação Contra a Mudança Global do Clima) e 17

(Parcerias e Meios de Implementação).

Dessa forma, essa pesquisa buscou responder à pergunta a seguir: Como atender as diretrizes da gestão ambiental durante a implementação de obras de infraestrutura aeroportuária?

1.1 OBJETIVOS

Os objetivos dessa pesquisa estão divididos em objetivo geral e objetivos específicos, conforme descritos e detalhados a seguir.

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar os aspectos e impactos ambientais da implementação de obras de infraestrutura de reforma e expansão do Aeroporto Internacional do Recife, Pernambuco, Brasil.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos da pesquisa estão relacionados abaixo:

- Identificar os aspectos e impactos ambientais do empreendimento.
- Avaliar os impactos ambientais identificados no projeto em estudo e sugerir ações ambientais mitigadoras para os mesmos.
- Conferir o cumprimento da legislação ambiental vigente.
- Propor indicadores de gestão ambiental para obras aeroportuárias.

1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Este documento está organizado em cinco seções, começando com esta introdução, que proporciona a contextualização do tema, sua importância, as justificativas para a pesquisa e, por fim, o objetivo geral e os específicos.

A revisão bibliográfica é apresentada na segunda seção, ela discorre sobre a construção de aeroportos e os seus aspectos e impactos ambientais, legislação ambiental, da gestão

ambiental aplicadas às obras aeroportuárias, bem como dos indicadores de desenvolvimento sustentável. Para respaldar a pesquisa, realizou-se um levantamento cienciométrico onde buscou-se identificar as publicações mais relevantes e citadas por outros autores.

A terceira seção é composta pela metodologia utilizada para o desenvolvimento desta dissertação, de maneira que se detalham os materiais e técnicas abordadas para a identificação dos aspectos e impactos ambientais de obras aeroportuárias. Assim como, a caracterização da natureza da pesquisa, a abrangência do estudo, os instrumentos de coleta de dados, a caracterização da área estudada. Além disso, nessa seção também é descrito o faseamento aplicado para se relacionar a legislação ambiental vigente e os indicadores ambientais de maior relevância no âmbito da construção e reforma de aeroportos.

Os resultados encontrados e a sua análise, juntamente com discussão estão disponíveis na quarta seção.

As considerações finais estão apresentadas na quinta seção, relacionando-as com os objetivos propostos, a análise dos dados obtidos baseada na revisão bibliográfica, bem como a apresentação das recomendações para pesquisas futuras.

Por fim, são apresentadas as referências consultadas e um apêndice com o questionário aplicado.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A temática desta pesquisa fundamentou-se nas seguintes linhas principais: (a) aspectos e impactos ambientais na construção de aeroportos e (b) sustentabilidade ambiental de obras e expansão aeroportuária. Buscou-se entender a gestão ambiental de obras aeroportuárias por meio da articulação desses eixos. As consultas foram realizadas nas bases científicas disponíveis no Portal de Periódicos Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), sendo predominante o estudo dos conteúdos localizados na base Scopus. Além de outros recursos disponíveis na literatura, nacional e internacional, intimamente relacionados com a construção civil, como, a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) e o *World Green Building Council* (WGBC); e da aviação como ANAC, IATA, ICAO (*International Civil Aviation Organization*) e ACI. A respectiva revisão bibliográfica está dividida em três categorias (2.1 A Construção de aeroportos e os aspectos ambientais, 2.2 A legislação ambiental aplicada às obras aeroportuárias e 2.3 Gestão ambiental de obras aeroportuárias) conforme detalhamento a seguir.

2.1 A CONSTRUÇÃO DE AEROPORTOS E OS ASPECTOS AMBIENTAIS

O deslocamento sempre foi uma necessidade da humanidade, desde os primórdios da civilização, seja para conquistar novos territórios, para suprir necessidades vitais como a alimentação ou até mesmo pela busca de condições melhores de vida. Silva (2020) considera que a logística de pessoas e cargas é primordial para o desenvolvimento de uma sociedade de forma geral.

Baseado nas informações de Wells e Young (2004), o desenvolvimento do transporte aéreo, e dos aeroportos em particular, progrediu analogamente com fatos industriais, técnicos, econômicos, sociopolíticos e sucessivamente permaneceu próximo à legislação a fim de se adaptar a um mundo em constante transformação. Para os autores, a aviação tem uma história relativamente curta, entretanto muito rica por desempenhar grandes benefícios sobre a sociedade em pequenos espaços de tempo (YOUNG E WELLS, 2014).

A *Federal Aviation Administration* (FAA, 2015) avalia que entre os modais de transporte existentes, a aviação evoluiu de tal forma que é considerada como o meio logístico mais rápido, de maior segurança e alcance. O órgão destaca que a economia global é extremamente favorecida pela capacidade do setor aéreo mover pessoas e produtos em todo o mundo em pouco tempo e de forma segura.

Apesar dos significativos benefícios econômicos e sociais proporcionados pela indústria do transporte aéreo, esse setor é responsável por diversos aspectos e impactos ambientais desde a construção da infraestrutura aeroportuária até sua operação propriamente dita. Conforme Ashford *et al.* (2013), a operação de aeronaves e conseqüentemente de aeroportos favorecem a uma gama de aspectos e impactos nas comunidades locais e no meio ambiente.

Paiva (2015), observou que, para acompanhar o expressivo aumento de 165% no número de passageiros entre os anos de 2004 e 2013, as instalações aeroportuárias brasileiras foram ampliadas. Entretanto, Machado *et al.* (2019), MINFRA (2020) e Gonçalves da Silva *et al.* (2022) afirmam que esses investimentos não foram suficientes para atender a demanda, o que praticamente estagnou a infraestrutura aeroportuária do Brasil.

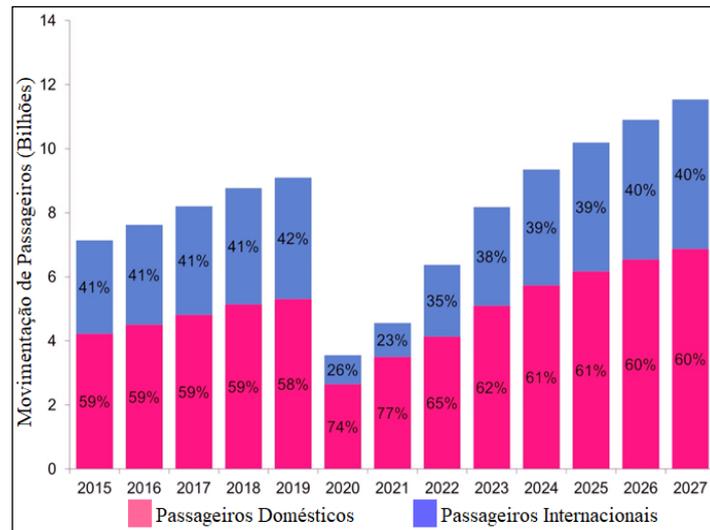
O ACI (2019) previu 476 milhões de movimentos de passageiros no Brasil para o ano de 2040 e a IATA (2019) estimou, antes da pandemia de COVID-19, um acréscimo no fluxo de demandas por viagens aéreas nacionais de 105% até o ano de 2037. Conforme a ANAC (2020) a quantidade de passageiros transportados no país em 2010 saltou de 85 milhões para 119 milhões em 2019, atingindo a maior marca já registrada na história da aviação brasileira.

Segundo a ANAC (2021) o mercado aéreo brasileiro, em 2020, apresentou uma redução de 56% no número de viajantes em relação ao ano anterior. A agência contabilizou que essa variação representou um prejuízo financeiro de R\$ 20,5 bilhões às empresas aéreas nacionais. Em 2021 verificou-se um aumento de 30% nas operações aéreas no Brasil em relação ao ano de 2020, porém 43% aquém dos números de 2019 (ANAC, 2022).

Conforme a ANAC (2023), os aeroportos brasileiros processaram 82,2 milhões de passageiros em 2022. O órgão considera essa marca como o maior pico de movimentação desde o início do estado de emergência provocado pela pandemia de COVID-19, materializando-se como um indicativo de retomada do setor. Ainda de acordo com a ANAC (2023a), a quantidade de passageiros domésticos transportados pelas empresas aéreas brasileiras em maio de 2023 foi de 7,3 milhões, que representa um incremento de 3,3% para o mesmo período pré-pandemia.

O Departamento de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (DECEA, 2023) verificou que aviação comercial internacional, com voos com origem ou destino no Brasil, apresentou a maior recuperação desde o início da pandemia em abril de 2023. De acordo com o órgão existe uma estimativa de que os números da aviação brasileira, nacional e internacional, superem os índices pré-pandêmicos até junho de 2023. Esses números convergem com as previsões de retomada de passageiros da ANAC (2023) para o mercado brasileiro e do ACI (2023) para o cenário a nível global, conforme é ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Previsão de recuperação de passageiros aéreos em escala mundial

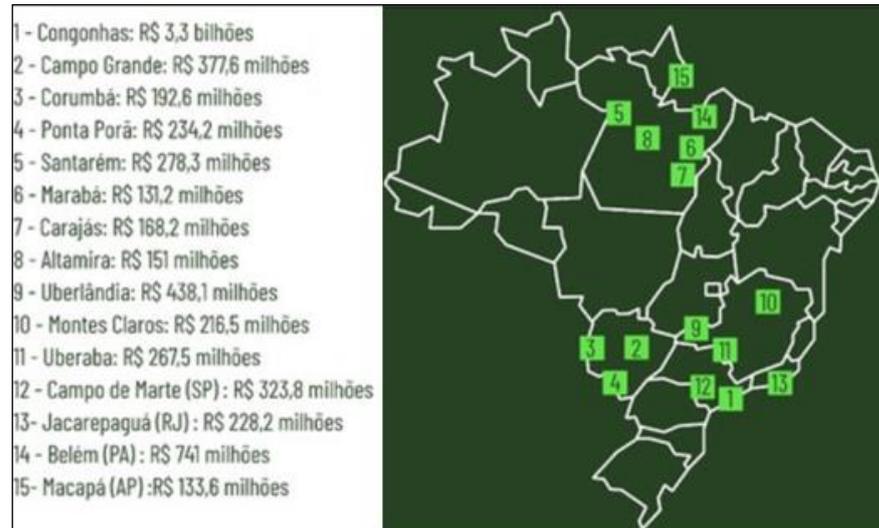


Fonte: O autor, adaptado de ACI (2023).

Esse processo demanda grandes investimentos para aumentar a capacidade de processamento dos aeroportos mundiais e brasileiros. Em 2022, a ANAC promoveu a 7ª Rodada de Concessão, repassando 15 aeroportos à administração para iniciativa privada; que juntos, somente esses aeródromos, representam 15,8% do volume de passageiros transportados no mercado brasileiro (ANAC, 2022a).

Baseado na ANAC (2022b), após essa última rodada, a taxa de passageiros que utilizam aeroportos concedidos no Brasil chegará a 91,6% e a previsão de investimentos por parte dos adjudicados é de R\$ 7,3 bilhões, a partir de 2023, para execução da expansão e melhoria nas infraestruturas desses aeródromos conforme ilustra a Figura 2.

Figura 2 - Aeroportos concedidos na 7ª Rodada pela Agência Nacional da Aviação Civil



Fonte: ANAC (2022b).

Porém, essa expansão aeroportuária deve convergir com o proposto por Ashford *et al.* (2013), onde os autores realçam que o transporte aéreo e o desenvolvimento sustentável devem caminhar de mãos dadas em todos os sentidos. Baseado nos estudos de Casagrande (2018) a implantação, expansão e operação de um aeroporto consome grande quantidade de recursos naturais e deve-se adotar estratégias de mitigação dos aspectos e impactos ambientais durante a fase de obra e de operação desses terminais, visto que a cadeia da aviação interfere significativamente na qualidade de vida do planeta e na deterioração ambiental. De acordo Silva *et al.* (2020) as operações aeroportuárias apresentam vários aspectos e impactos ambientais adversos, visto que os aeroportos, são considerados como fontes geradoras de resíduos perigosos e de poluição sonora.

Edwards (2005) constatou que os aeroportos construídos no século XX ignoravam as questões ambientais. Isso converge com Horonjeff *et al.* (2010) ao sinalizarem que o fator determinante para a instalação de um aeroporto, no passado, eram apenas critérios econômicos e de aeronáutica sem passar por uma avaliação ambiental. Entretanto, essa concepção tem mudado e os atuais aeroportos em construção e ampliação distinguem-se de seus antecessores, encarando cada vez mais as problemáticas ambientais e de sustentabilidade.

De acordo com Wells e Young (2004) a necessidade de desenvolvimento da aviação, em especial da expansão aeroportuária, deve ponderar as demandas sociais e ambientais além do aumento da capacidade de processamento de passageiros e cargas. Edwards (2005) destaca que a proteção ao meio ambiente é um dos fatores mais críticos para a expansão aeroportuária. Santos *et al.* (2008), consideram que a questão ambiental é um fator muito relevante no processo

de construção, ampliação ou reforma de um aeroporto; sendo de extrema importância realizar estudos ambientais a fim de desenvolver ações mitigadoras, principalmente, durante a fase de operação.

Para Edwards (2005), o ruído, a redução da qualidade do ar e da água, a alteração nos ecossistemas e o próprio conflito visual da instalação de um aeroporto são pontos adversos nas dimensões ambiental, social e econômica. Para o autor, esses elementos desfavoráveis são interdependentes e exemplifica que variações na pureza da água do escoamento da pista de pouso e decolagem (PPD) podem afetar os ecossistemas locais negativamente. Santos *et al.* (2008) frisam que não se deve descuidar dos aspectos e impactos ambientais durante o período de obras de instalação, reforma e ampliação desses empreendimentos.

Horonjeff *et al.* (2010) já sinalizavam que o planejamento e a implantação de um aeroporto devem levar em consideração avaliações holísticas das consequências ambientais, ecológicas e sociológicas. Os autores sugerem uma abordagem macro, onde todas as análises de ações sejam abrangidas em um único sistema de maneira a rastrear ao máximo as possíveis implicações ambientais da construção de um aeroporto. Wijewantha e Kulatunga (2022), consideram essencial a avaliação da sustentabilidade ambiental e a implantação de medidas mitigadoras dos impactos ambientais em obras de infraestrutura.

Conforme Ashford *et al.* (2013), a relação entre desenvolvimento sustentável e o transporte aéreo está se tornando cada vez mais evidente no contexto internacional. Para os autores, as previsões apresentam um forte aumento da demanda de viagens aéreas nas próximas décadas; que por sua vez necessitará de grandes investimentos para a ampliação da infraestrutura dos aeroportos em operação e da construção de novos sítios aeroportuários, a nível global, e esse processo não pode abdicar nas questões ambientais.

Young e Wells (2014) ajuízam que os projetos de construção e ampliação aeroportuária necessitam levantar, identificar e lidar com os possíveis problemas ambientais de forma que a engenharia de instalação aeroportuárias minimize ou suplante os aspectos e impactos contribuintes para a poluição e degradação do meio ambiente. Baseado nas informações de Rodrigue *et al.* (2017), a implantação de um aeroporto demanda de grandes áreas e alteração no uso e ocupação do solo; visto que necessitam de espaço para o sistema de pátio e pistas, hangares de manutenção, do TPS, edifícios auxiliares e áreas para estacionamento e cargas.

Sharifi Orkomy e Sharbatdar (2021) declararam que as questões técnicas, econômicas e sociais são de grande importância para a construção e reforma de um aeroporto. Contudo, realçam que antes da execução de qualquer projeto, múltiplas abordagens dos métodos de execução, planejamento, análise de risco, e principalmente as, questões ambientais devem ser

consideradas. Além disso, deve realizar um planejamento embasado nos princípios do desenvolvimento sustentável, não apenas para uma nova construção, mas também para a operação e manutenção das infraestruturas existentes.

2.1.1 A construção civil e as obras aeroportuárias

A construção civil é um segmento de grande importância para a sociedade e economia brasileira devido possibilitar melhores condições de vida, geração de empregos e distribuição de renda. Conforme a CBIC (2022), o setor é responsável por 40% dos investimentos no Brasil e representa aproximadamente 6% do PIB do país. De acordo com a CBIC (2023) esses números influenciam diretamente o mercado de trabalho nacional, visto que 5,9% dos empregos formais e 10% das novas vagas geradas ao longo de 2022 foram provenientes da construção civil.

Ainda segundo a CBIC (2023), a construção civil empregava 2,5 milhões de trabalhadores com carteira assinada ao final de 2022 e apresentou aumento de 9,7% e 6,9% nos anos de 2021 e 2022 respectivamente. A entidade destaca que nesse período, o setor alcançou um crescimento superior ao do Brasil em 2,2 vezes. Além disso, essa atividade econômica concluiu 2022 em um nível de atividades de 15,8% acima do registrado antes da pandemia de COVID-19.

Segundo o IBGE (2022), no ano de 2020, o setor da construção civil empregou 2 milhões de pessoas e movimentou R\$ 325,1 bilhões no Brasil por meio de 131.800 empresas ativas que pagaram o equivalente a R\$ 58,7 bilhões em salários. O respectivo estudo apontou que a área de infraestrutura foi responsável por 31,8% dos empregos e 32,7% da circulação financeira desse segmento econômico. Ainda de acordo com o órgão, houve um incremento de 71,8 mil contratações na indústria da construção civil naquele ano, sendo que a esfera das obras de infraestrutura empregou 61,6 mil pessoas a mais.

Para Agopyan e John (2016) toda atividade humana necessita de um ambiente construído e a construção civil é o viés de transformação do ambiente natural em um espaço edificado conforme as necessidades demandadas. O setor é responsável pelo desenvolvimento de projetos e obras de infraestruturas como os aeroportos, rodovias, ferrovias, portos e quaisquer outros elementos relacionados à circulação de pessoas e mercadorias.

Roth e Garcias (2009) avaliam que da mesma forma que a construção civil se destaca por fatores positivos como geração de empregos, desenvolvimento, aumento na qualidade de

vida da sociedade, entre outros; esse segmento econômico também chama atenção pelos aspectos e impactos ambientais gerados por suas atividades. Para Baptista Júnior e Romanel (2013) o setor é responsável por uma parcela significativa dos impactos ambientais causados ao meio ambiente, seja pela quantidade de extração mineral ou pela geração de resíduos e ruídos ao longo do processo construtivo.

Vários autores Gasques *et al.* (2014), Agopyan e John (2016), Gomes e Magalhães (2018), Ribeiro *et al.* (2021) consideram que, o impacto ambiental da construção civil é muito amplo e está associado a toda cadeia produtiva, desde a extração da matéria-prima nas jazidas naturais ao processo de produção e transporte de materiais e componentes; além da própria fase construtiva e manutenção, de desconstrução e da destinação dos resíduos produzidos ao longo da vida útil da construção.

Baseado nos estudos de Maciel (2003) as principais preocupações das empresas construtoras eram os custos e o prazo de entrega das obras; as questões associadas à preservação ambiental, mitigação dos impactos e da geração de resíduos sólidos, não menos importantes, eram tratadas como elementos secundários. Melo (2017) concluiu que obras de engenharia são responsáveis por gerar grandes impactos ambientais, a exemplo da: modificação da paisagem, remoção da vegetação nativa; degradação do solo; mudança da qualidade do ar e da água, alteração do ecossistema natural, poluição sonora, entre outros.

Para a CBIC (2022) a construção civil é responsável pela geração de 40% dos resíduos sólidos, consome cerca de 44% de toda energia gerada, produz 1/3 das emissões dos gases de efeito estufa (GEE) e desperdiça cerca de 50% da água utilizada em suas atividades. Martins (2022) afirmou que a sustentabilidade nesse segmento se tornou imprescindível, devido ao relevante papel na qualidade de vida da sociedade contemporânea.

Conforme o Guia de Boas Práticas na Construção Civil do Banco Santander (SANTANDER, 2021), o uso de práticas sustentáveis nos canteiros de obras é de fundamental importância para diminuição dos impactos adversos gerados pelo setor ao planeta.

Anshebo *et al.* (2023) analisaram 10 metodologias de avaliação sustentável em edifícios, empregadas em vários países, e verificaram que as variáveis; resíduos sólidos, eficiência energética, redução de GEE e a preservação dos recursos hídricos são elementos triviais dessas ferramentas. O estudo destaca que a indústria da construção civil consome grande quantidade de água, sendo esse um dos recursos naturais mais importante para a humanidade. Para os autores, o setor deve se preocupar e buscar maior racionalização ambiental durante as fases de obra e de operação de uma edificação.

Conforme o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2021, publicado pela Associação

Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, no ano de 2020 57% dos resíduos gerados e coletados no Brasil foram originários da construção civil. Ainda de acordo com a instituição, esse percentual equivale a 47 milhões de toneladas de um total de 82,5 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos. Além disso, a média de resíduos de construção e demolição coletados em 2020 foi de 221,20 kg por habitante/ano.

De acordo com a Secretaria das Cidades de Pernambuco (2018) a estimativa de geração diária de resíduos de construção em Pernambuco é de 4.235,65 toneladas, sendo Recife o município responsável pela produção de 49,73% do total. Vieira *et al.* (2019) realizaram um estudo sobre a gestão dos resíduos sólidos oriundos da indústria da construção civil em 15 canteiros de obras na cidade do Recife-PE e constataram que o controle e caracterização dos resíduos gerados nas obras por construtoras que possuem certificação ISO 14.001 é mais eficaz do que aquelas que não possuem a respectiva certificação.

Para Falcão *et al.* (2022) a redução da geração de resíduos de construção e demolição e o uso sustentável dos materiais é um dos principais desafios a serem encarados pela indústria da construção civil. Pois, de acordo com o respectivo estudo boa parte das problemáticas ambientais são sucedidas desse setor e possuem origem no uso intensivo de recursos naturais e da geração de resíduos. Halvorsen e Andersson (2023) verificaram que uma das maiores dificuldades ambientais dos projetos de infraestrutura é lidar e reciclar o grande volume de resíduos oriundos da construção e demolição.

Baseado nas informações publicadas pelo WGBC (2021) a estimativa dos recursos extraídos da natureza e que são utilizados para obras de habitação e de infraestruturas está compreendido no intervalo de 40 a 50%. Já Gasques *et al.* (2014) verificaram que esse percentual é muito maior, podendo chegar até 75% dos materiais extraídos de jazidas naturais. Nesse contexto, o *Chicago Department of Aviation* (CDA, 2020) recomenda, como ideal, o uso de materiais de construção que sejam rapidamente renováveis ao invés de matéria prima finita ou de longo ciclo de renovação.

De acordo com Maciel (2003), a falta de planejamento ambiental na construção civil é responsável por uma grande degradação ao meio ambiente, geração de desperdício de materiais e energia. O autor associa que uma deficiência na gestão ambiental nos canteiros de obras contribui com a poluição dos recursos naturais como o solo e a água. Conforme Carvalho *et al.* (2020), a sustentabilidade ambiental na construção civil tem origem nas fases de planejamento e desenvolvimento do projeto já que é nessa etapa que são definidos os materiais e tipo de metodologia construtiva.

Para Agopyan e John (2016) a construção civil demanda de grandes quantidades de

áreas disponíveis, mão de obra, energia, materiais de construção, água e geração de resíduos. Para os autores, isso confere ao setor o incômodo título de vilão da natureza, justamente por ser um dos maiores consumidores de recursos naturais e causador de impactos ambientais. Além disso, eles lamentam que a percepção dessa degradação por parte dos governantes e da própria cadeia produtiva da construção foi tardia; motivando enormes esforços de mudanças de concepção cultural, tecnológica e de conduta para acolher as exigências de uma sociedade cada vez mais elucidada em relação a prevenção ambiental.

Gasques *et al.* (2014) pesquisaram os impactos ambientais da cadeia produtiva dos materiais de construção e consideraram que o processo de fabricação do cimento, da cal, dos agregados (areia e brita), do aço e do alumínio são responsáveis por grandes impactos ambientais. Entre os impactos identificados pelos autores estão a alteração de uso e ocupação do solo e de cursos d'água, a supressão vegetal, a contaminação por derivados de petróleo oriundos das máquinas e equipamentos em caso de vazamento, contágio por substâncias presentes no solo, poeira e da geração de resíduos sólidos.

Ainda de acordo com Gasques *et al.* (2014), a construção civil é uma indústria geradora de grandes desperdícios de materiais motivados em muitas vezes por falhas de detalhamento de projetos, despreparo da mão de obra o que pode gerar a necessidade de retrabalhos e conseqüentemente a geração de resíduos e perdas de recursos. Segundo a CBIC (2022) apenas 20 a 50% dos materiais adquiridos para a execução de uma obra é aplicado, o restante é perdido ou vira sucata. O órgão estimou que o desperdício real nas obras chega a 65%, o que é uma margem muito negativa nas dimensões ambiental, social e econômica.

De acordo com o IPEA (2010a) a construção civil é responsável de forma direta sobre a situação ambiental, visto que o setor demanda de intenso uso de energia elétrica e de água durante a fabricação dos materiais de construção, até mesmo durante a fase da construção propriamente dita. Além disso, as atividades da construção geram altos níveis de emissão de GEE a exemplo do dióxido de carbono (CO₂) e isso contribui negativamente na qualidade do ar, do clima, interferindo diretamente na flora e fauna.

Conforme Gasques *et al.* (2014), Maciel *et al.* (2018) e CBIC (2022), um terço das emissões desses gases são oriundos da construção civil, demandando que esse segmento econômico avalie a origem e quantifique as emissões para restringir os seus efeitos no meio ambiente. De acordo com *Project Management Institute* (PMI, 2021) as atividades de fundações em concreto armado, sozinhas, correspondem por 10% das emissões globais de GEE. Para Ribeiro *et al.* (2021) o setor precisa desempenhar um papel mitigador e de destaque para a redução da emissão de GEE durante o seu processo construtivo.

Borja (2019) identificou que a implantação de sistemas eficazes de controle de impactos ambientais é uma dificuldade da indústria da construção civil, pois a maioria das iniciativas já implantadas nesse aspecto possui uma abordagem qualitativa. Dessa forma, o autor sugere uma metodologia de previsão quantitativa de aspectos ambientais por meio da relação entre indicadores ambientais e bases de custos de construção. O processo indicado apoia a tomada de decisão sobre a alocação de sistemas de controle, como a recomendação da execução de algumas atividades fora do canteiro a exemplo da produção de formas para concreto pré-fabricado e a montagem do aço; minimizando os impactos na vizinhança devido à redução de ruídos, circulação de pessoas e consumo de energia e água.

De acordo com o WGBC (2021), 75% da infraestrutura necessária até 2050 ainda precisa ser construída em todo mundo, em especial nos países em desenvolvimento. Conforme Ribeiro *et al.* (2021), o segmento da construção deve implantar ações objetivas, propondo soluções de projetos e novas tecnologias construtivas que requeiram a redução das emissões de gases e da geração de resíduos.

O poder público brasileiro e alguns pesquisadores têm se preocupado com essas questões, de modo a minimizar os impactos ambientais adversos provenientes da construção civil. O Ministério de Minas e Energia (2022) desenvolveu e disponibilizou gratuitamente o Sistema de Informação do Desempenho Ambiental da Construção onde é possível calcular a emissão de CO₂, dos materiais de construção. Martins (2022) elaborou um manual com a proposta de implantação de um aplicativo para gerenciar o fluxo de resíduos de construção e demolição na cidade do Recife-PE.

O estudo de Borja (2019) verificou que os impactos e aspectos ambientais de quatro obras distintas possuíam diferentes fatores contributivos intrínsecos à concepção dos projetos, a exemplo da especificação dos materiais, sistemas construtivos e das tecnologias empregadas. O autor sugere que os projetos busquem adotar práticas de menores impactos como a pré-fabricação de alguns elementos tornando o canteiro de obra limpo e enxuto. Outra recomendação do estudo é a substituição de alguns materiais como os blocos não padronizados e de pequena resistência por elementos modulares que proporcionam maior velocidade de execução e menor desperdício e conseqüentemente menores impactos ambientais e redução na geração de resíduos.

Carvalho *et al.* (2020) recomendam que as diretrizes de sustentabilidade de uma construção sejam iniciadas ainda na fase de concepção do projeto, em especial a especificação dos materiais, visto que é justamente no início do processo que se deve buscar resultados efetivos do ponto de vista do desempenho final da edificação em relação às questões ambientais.

Zhou *et al.* (2023) afirmam que melhorar algumas variáveis (proporção da edificação, a relação janela-parede, a área sombreada, a orientação da construção, o número de andares, o formato do edifício, a área do piso, a altura do pé direito, tipos e dimensões dos componentes da estrutura, estilos dos materiais de construção e a sua espessura) na fase de projeto colaboram significativamente para a redução dos impactos ambientais de uma obra.

Para Falcão *et al.* (2022) a performance sustentável na construção civil envolve diversas variáveis, sendo que essas devem promover, principalmente, benfeitorias ambientais e socioeconômicas. Ainda de acordo com os autores, o consumo sustentável de recursos naturais é uma premissa para o setor da construção civil já que essa conscientização implica significativamente na redução da produção de resíduos. Martins (2022) sugere que os resíduos de construção e demolição sejam cadastrados em uma plataforma, de modo que seja possível utilizá-los como materiais reciclados.

Ribeiro *et al.* (2021) verificaram que o uso de métodos construtivos modulares; como o concreto pré-moldado, estruturas metálicas e as divisórias em *drywall*; além de apresentarem maior velocidade de execução geram menores quantidades de resíduos e de emissão de GEE. Isso é possível visto o decréscimo da quantidade de etapas construtivas como o chapisco e reboco, o que minimiza o uso de argamassa e cimento que são grandes geradores de CO₂ durante o processo de fabricação. Para os autores a especificação desses materiais permite ações mitigadoras ao meio ambiente e eles propõem que a construção civil busque implantar, sempre que possível, novas tecnologias e métodos construtivos que propiciem a redução de emissão de gases poluentes e os efeitos negativos destes, como a variabilidade climática.

O CDA (2020) recomenda, sempre que possível, uma análise do uso e aplicação de peças pré-moldadas ou pré-fabricadas para reduzir a geração de resíduos no canteiro de obras. Segundo o WGBC (2021) a construção civil precisa de metas urgentes de preservação da natureza e as mesmas devem ser abraçadas por todos os países para serem alcançadas. A entidade realça que o ambiente construído precisa trilhar um caminho eficiente de descarbonização até 2050, além de desenvolver significativo progresso nesse aspecto até 2030 de modo a contribuir para atendimento dos 17 ODS.

Conforme a ONU (2015) os ODS compreendem “um apelo global à ação para acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima e garantir que as pessoas, em todos os lugares, possam desfrutar de paz e prosperidade”. Ainda de acordo com a instituição, são 17 os objetivos propostos que contribuem para atingir a Agenda 2030 e os mesmos estão ilustrados na Figura 3.

Figura 3 - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável propostos pela Organização das Nações Unidas



Fonte: ONU (2015).

Baseado nos estudos de Manjia *et al.* (2019), o atendimento dos ODS têm sido um desafio para a indústria da construção civil, existindo uma necessidade de integrar esses elementos no setor para atender à Agenda 2030. Falcão *et al.* (2022) propuseram a implantação de uma política pública de efetivação da industrialização dos canteiros de obras brasileiros para incentivar o uso de soluções construtivas modulares, bem como a racionalização dos materiais de construção e a garantia da proteção ambiental. Esse processo tende a transformar positivamente o setor, contribuindo para um futuro mais consciente e responsável.

Apesar do atraso de conscientização ambiental, em relação a outras indústrias, a construção civil vem adotando medidas cruciais para inverter sua posição degradante e tornar-se amiga da natureza. Agopyan e John (2016) apontam que no início dos anos 1990 os primeiros estudos já haviam sido desenvolvidos, no exterior, com o objetivo de buscar soluções de reciclagem e redução de perdas e consumo de materiais e energia pelo setor. Os autores advertem que mudanças significativas ocorreram no Brasil nas últimas décadas como a criação dos índices de perdas de materiais, a publicação da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 307/2002 que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil a exemplo da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, 2010) e dos selos de eficiências energéticas e de sustentabilidade na construção.

O PMI (2016), recomenda a elaboração de um plano de gestão dos resíduos para os projetos de construção civil buscando ao máximo reduzir a sua geração, reutilizar e reciclar os resíduos gerados. Para a entidade, esse documento deve detalhar os controles a serem aplicados

por categoria específica e origem (escritório, refeitório, sanitários e construção propriamente dita) de resíduos durante a obra. Além disso, o órgão considera que a gestão de resíduos não inclui apenas identificar instalações lícitas de descarte de resíduos, mas também obtenção das licenças e autorizações necessárias para o seu rejeito.

Conforme o *Green Building Council* Brasil (GBCB, 2020) a construção civil pode colaborar com o cumprimento dos 17 ODS por meio dos edifícios verdes através da racionalização do consumo de água, energia e redução de emissões de CO₂. Além disso, a entidade tem focado e trabalhando na promoção de certificações ambientais para o segmento da construção com o objetivo de transformá-la em uma indústria sustentável. Segundo Anshebo *et al.* (2023) os edifícios sustentáveis podem economizar 65% do consumo de eletricidade, 36% do uso total de energia, 30% das emissões de gases de efeito estufa, 30% do uso de matérias-primas, 30% da produção de resíduos e 12% do consumo de água potável.

Para o ACI (2021), os atuais aeroportos podem obter ou se beneficiar da revisão de certificações de construções verdes à medida que são expandidos e/ou reformados. A construção, ampliação e remodelação de um aeroporto pode ser considerada como um estímulo óbvio para a sociedade do ponto de vista do crescimento econômico, dos serviços que oferece ao público, da indústria do turismo e da geração de empregos e renda, entre outros benefícios.

O Plano Aeroviário Nacional (PAN), publicado pelo Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil (2018) considera que os investimentos na infraestrutura aeroportuária impedem gargalos e amortizam o engarrafamento aéreo. Além de reduzirem o tempo de autorização pela torre de controle para pousos e decolagens, essas melhorias contribuem com a diminuição da combustão de combustível por parte das aeronaves.

Nesse contexto, Renzetti (2018) considera que a melhoria da infraestrutura aeroportuária exige longas e pesadas obras de engenharia, já que os aeroportos com infraestrutura deficiente se tornam um grande problema para o setor aéreo. Principalmente num panorama, cada vez mais recorrente, de aumento de demanda por viagens aéreas gerando perdas econômicas e de bem-estar para um país.

Segundo a ICAO (2019) a concepção do projeto de construção de um novo aeroporto ou da ampliação de um existente precisa considerar as previsões de passageiros e voos futuros, uma vez que essas infraestruturas necessitam durar décadas e acomodar o crescimento esperado. A percepção embrionária de um projeto de um aeroporto não está relacionada apenas às questões técnicas como o estudo de demanda e capacidade operacionais, mas também deve considerar os aspectos ambientais da obra e até mesmo da sua operação após o final da construção. Isso está de acordo com o PAN, visto que a construção de um aeroporto necessita

adotar medidas sustentáveis como: emprego da iluminação natural, instalação de lâmpadas de LED, ar-condicionado conforme o fluxo de passageiros, adoção de energia fotovoltaica, captação e reaproveitamento das águas pluviais, gestão dos resíduos sólidos, entre outros.

Para o CDA (2020), o sistema de refrigeração de um aeroporto deve evitar o uso de gases que contribuem para degradação da camada de ozônio e com o aquecimento global conforme previsto no Protocolo de Montreal (1987). No caso da ampliação de um sistema de climatização existente, que não está aderente à recomendação acima, o órgão sugere a substituição dos equipamentos que ainda representam danos ao meio ambiente por aqueles que utilizam refrigerantes naturais. Além disso, é recomendado a especificação de vidros inteligentes de modo a garantir maior aproveitamento da iluminação natural, em 75% dos ambientes, sem comprometer a temperatura interior dos edifícios terminais.

Young e Wells (2014) já sinalizavam da necessidade de que os terminais aeroportuários em operação se adaptassem tecnicamente às questões ambientais, visto que isso é uma exigência para os aeroportos do século XXI. Os autores destacam que os terminais precisam ser modernizados por meio de metodologias sustentáveis como o aproveitamento da iluminação natural e minimização do uso da água potável. O CDA (2020) sugere que sejam implantados, durante a fase de construção dos aeroportos, dispositivos que façam o monitoramento do consumo de água durante a fase de operação.

Ainda de acordo com o CDA (2020) o projeto de construção de um aeroporto deve evitar o uso de água potável ou outros recursos hídricos naturais para a irrigação das áreas verdes, priorizando a água de reuso para esse fim. A entidade sugere a realização de uma análise do solo e do clima do local de implantação de um aeroporto para que o projeto de paisagismo busque especificar plantas nativas. Além disso, incentiva o desenvolvimento e o uso de tecnologias sustentáveis alinhadas à legislação ambiental.

O MINFRA (2021) considera que é atribuição da equipe de obras do aeroporto buscar, na interdisciplinaridade de seus membros, os meios de desenvolvimento de necessidades do empreendimento alinhados com as prerrogativas e regulamentações ambientais.

Neste sentido, Ashford *et al.* (2013) destacam que o crescimento de um aeroporto deve ser sustentável e que seja proposta uma compensação a fim de promover melhorias no desempenho ambiental. Os autores consideram que a busca por melhores resultados ambientais e o cumprimento da legislação relacionada ao meio ambiente é de responsabilidade de toda comunidade aeroportuária, exigindo uma abordagem colaborativa de todos os setores do aeroporto. Nesse contexto, pode-se deduzir que empresas responsáveis pela construção, ampliação, manutenção e modernização de um aeroporto devem realizar suas atividades por

meio de práticas sustentáveis.

Baxter *et al.* (2018) revelaram que os aeroportos são grandes consumidores de energia e que os GEE são um subproduto da geração e do uso desse recurso. O estudo verificou que os aeroportos estão buscando alternativas sustentáveis, por meio da gestão de políticas e estratégias ambientais, para suprirem suas necessidades energéticas. Os autores listaram alguns dispositivos, instalados pelo aeroporto dinamarquês de Copenhague, que contribuem com uma melhor eficiência energética como a otimização do sistema de refrigeração, implantação de sistema fotovoltaico, sensores de presença em esteiras e escadas rolantes, uso de lâmpadas de LED, entre outros.

Para a ICAO (2019) a construção de um aeroporto deve aproveitar a luz e a ventilação natural. De acordo com o órgão, qualquer coisa que minimize a energia necessária para resfriar, aquecer e iluminar o complexo aeroportuário o tornará mais sustentável e eficiente ao longo do tempo. Recomenda-se que a eficiência energética seja uma premissa da construção de um aeroporto por razões financeiras e principalmente ambientais.

Conforme o CDA (2020), os projetos para a construção de um aeroporto devem estabelecer um nível mínimo de eficiência energética, de modo a reduzir os impactos ambientais e econômicos relacionados ao uso excessivo de energia necessário para a sua operação. O órgão sugere a simulação por *softwares* específicos para avaliar o desempenho energético e as medidas associadas a uma eficiência energética rentável.

De acordo com Scheidt (2010), os aeroportos brasileiros, até o início dos anos 2000 não demonstravam maiores preocupações com a eficiência energética. A autora verificou que somente após o racionamento de energia elétrica de 2001 a INFRAERO desenvolveu estudos de energia alternativa para atendimento da demanda energética de seus aeroportos. O estudo verificou que o SBRF está na vanguarda na implantação de uma Planta de Cogeração de Energia, onde o próprio empreendimento tinha capacidade de gerar parte da própria energia necessária para a sua operação.

Greer *et al.* (2020) concluíram que o processo de especificação e seleção de materiais de construção é uma prática de sustentabilidade na construção de um aeroporto, pois a escolha assertiva dos recursos aumenta a durabilidade do empreendimento que conseqüentemente reduz investimentos com manutenção. Os autores sinalizam que a implantação de torneiras automáticas é uma ação que evita o desperdício de água potável, a instalação de luminárias de LED e de sensores de presença diminui o consumo de energia elétrica. Além disso, uma correta descrição da metodologia construtiva tende a minimizar a produção de resíduos gerados durante a fase de obras.

Al Kheder *et al.* (2022) afirmam que a instalação de um aeródromo é uma obra que difere de qualquer outra infraestrutura de transporte, pois impactam o meio ambiente, na economia, e demandam de uma seleção sustentável dos materiais empregados. Os autores apontam que a construção de um aeroporto gera vários impactos ambientais na área de influência, e avaliaram através de um modelo matemático multicritério qual matéria prima especificar para a construção da nova pista do Aeroporto Internacional do Kuwait. O estudo apontou que o pavimento em concreto apresentou uma preferência de 59,2% em relação ao asfalto por apresentar maior robustez e vida útil.

Para o CDA (2020), a construção de um aeroporto deve considerar a racionalização dos recursos e a adoção de práticas sustentáveis como a eficiência hídrica, priorização do reuso e da reciclagem dos materiais, busca pela qualidade do ar, inovação das metodologias construtivas e adoção de práticas que mitiguem e preservem o meio ambiente. Além de priorizar por mão de obra e materiais disponíveis na região de implantação do aeroporto, reduzindo assim emissões atmosféricas com grandes deslocamentos.

Conforme proposto pelo MINFRA (2021) os projetos de obras aeroportuárias devem prever a racionalização do consumo de energia e levar em consideração a opção mais econômica e sustentável. Isso está de acordo com as diretrizes da ICAO (2019) que esclarecem que o planejamento e construção de um aeroporto, deve procurar aperfeiçoar a eficiência energética de um edifício aeroportuário a economizar materiais durante a construção, operação, manutenção, reforma e demolição. A organização afirma que a expansão da infraestrutura do transporte aéreo em solo aumenta a capacidade do sistema de processamento e diminui o tempo de taxiamento das aeronaves, o que reduz o consumo de combustíveis e as emissões de gases na atmosfera.

De acordo com o Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC) nº154/2021, emenda nº 07, a extensão da PPD está diretamente relacionada à temperatura média local do sítio aeroportuário. Conforme Coelho (2021) o dimensionamento do comprimento da PPD é feito para condições atmosféricas padrão para elevação ao nível do mar, vento e inclinação zero. Porém nem sempre isso é possível, visto que muitos aeroportos são construídos em regiões adversas o que demanda de correções e ajustes. Para a distância da pista deve-se adicionar ao seu comprimento a razão de 1% para cada 1°C que a temperatura de referência do aeródromo exceda a temperatura da atmosfera padrão para a altitude do aeroporto.

Dessa forma, pode-se afirmar que, quanto mais quente for o registro verificado nos termômetros; maiores investimentos derivados do incremento do consumo de materiais naturais, ampliação do quantitativo de máquinas/equipamentos de terraplanagem e

pavimentação são necessários para a construção de uma pista mais ampla. O CDA (2020) propõe a realização de manutenções preventivas nos equipamentos de construção civil, de aeroportos, de modo a minimizar o impacto ambiental dos mesmos a exemplo da redução de emissão de poluentes, vazamentos de materiais contaminantes, ruídos e vibrações.

Vogiatzis *et al.* (2021) sugerem que as normas, os projetos de drenagem e pavimentação aeroportuária sejam revisadas periodicamente, considerando as variações climáticas, de forma a garantir maior robustez desses sistemas e assegurando aos mesmos maior vida útil. Os autores consideram importante que as práticas construtivas como implantação de áreas de contingências para grandes chuvas sejam previstas na construção de um aeroporto para evitar enchentes no sistema de pátios e pistas. Além de mitigar a formação de atrativos para fauna, em especial as aves, que podem colidir com as aeronaves durante o procedimento de pouso ou decolagem.

Fortney *et al.* (2022) analisaram a degradação dos pavimentos aeroportuários e verificaram que os fatores ambientais são mais impactantes que o tráfego das aeronaves. A pesquisa constatou que fenômenos como o congelamento-descongelamento e irradiação solar são elementos degradantes significativos. Além disso, os autores destacaram que os simuladores de deterioração e vida útil do sistema de pátios e pistas mensuram apenas a movimentação de aviões, ao longo do tempo, e não consideram as variações climáticas.

Castro (1979) considera que a degradação da vegetação, o risco à vida silvestre e espécies em perigo de extinção são alguns dos impactos decorrentes de obras aeroportuárias. Para Almeida (2019), as obras aeroportuárias são atividades responsáveis pela produção de ruídos, geração de resíduos sólidos, emissões de gases na atmosfera, impactos nos recursos hídricos, no solo, na flora e na fauna. O MINFRA (2021) aconselha que esses impactos sejam mapeados, identificados os componentes afetados, relacionados os indicadores ambientais e definido a responsabilidade de cada um.

O CDA (2020) recomenda que as obras aeroportuárias reduzam a poluição das atividades por meio do controle da erosão do solo, da sedimentação dos cursos d'água e da geração de poeira e particulados no ar. O órgão sugere que a construção de um aeroporto crie e implemente um plano de controle e erosão e sedimentação para as atividades do canteiro de obras. Além disso, a entidade também propõe o monitoramento da qualidade da água antes e durante a fase de construção; e o desenvolvimento de um inventário do solo superficial para possível reutilização no projeto.

O CDA (2020), ainda, propõe várias práticas sustentáveis para a construção de aeroportos. Entre elas destacam-se as relacionadas a seguir: preferência por máquinas e equipamentos que utilizem combustíveis limpos e/ou de baixa emissão atmosférica;

monitoramento e controle do ruído de modo a garantir a qualidade acústica; montagem das estruturas provisórias como canteiros de obras com materiais sustentáveis; uso de energia solar ou eólica também durante a fase de obra.

Greer *et al.* (2023) desenvolveram uma ferramenta de apoio ambiental para auxílio à tomada de decisão pelos *stakeholders* em relação às questões de construção e operação de aeroportos americanos. A metodologia proposta quantifica as emissões de referência e mitigadas dos GEE, dos poluentes atmosféricos e das mudanças climáticas decorrentes da construção e modernização de edifícios TPS. Além disso, o método levanta os danos associados ao consumo de energia e água, bem como a geração de águas residuais e de resíduos sólidos durante a fase de operação do aeroporto.

2.1.2 Aspectos e impactos ambientais em obras aeroportuárias

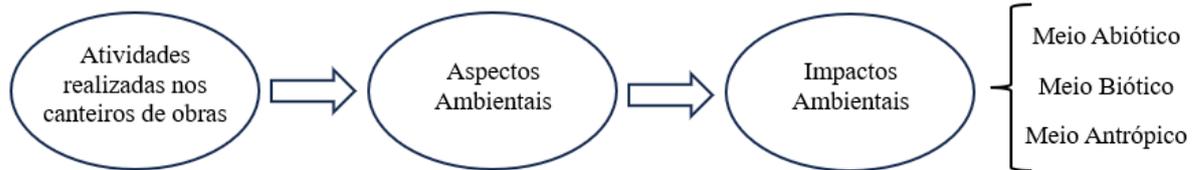
As obras aeroportuárias contribuem para uma parcela dos aspectos e impactos ambientais. Wells e Young (2004) ponderam que estudos preliminares dos aspectos e impactos ambientais em obras aeroportuárias precisam ser realizados e eles devem apanhar elementos como a qualidade do ar e da água, níveis de ruído do ambiente, metodologias sustentáveis e valores ambientais naturais para determinar como as atividades das obras podem ser realizadas em sintonia com os princípios da sustentabilidade. O MINFRA (2021) recomenda a necessidade de elaborar programas de prevenção da poluição, controle ambiental e mitigação dos impactos; assim como considerar mecanismos de monitoramento e acompanhamento das medidas corretivas das obras de construção, ampliação e reforma de aeroportos.

De acordo com a NBR ISO 14.001 (ABNT, 2015), os aspectos ambientais são definidos como: “elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização que interage ou pode interagir com o meio ambiente”. Conforme Sánchez (2020) as ações antrópicas são as causas dos impactos ambientais, que por sua vez, refletem os efeitos desses atos enquanto os aspectos ambientais são entendidos como os procedimentos ou estruturas pelos quais acontecem as consequências.

Para Araújo e Cardoso (2010) as atividades realizadas nos canteiros de obras geram aspectos ambientais que consequentemente atingem o meio ambiente (meios físicos, bióticos e antrópicos) por meio de impactos ambientais e, portanto, alteram as propriedades da natureza conforme é ilustrado na Figura 4. Ainda de acordo com os autores, a identificação dos aspectos ambientais na construção civil é de grande importância para minimizar a causa dos impactos

ambientais resultantes do setor. Pois os aspectos ambientais são elementos resultantes das atividades em desenvolvimento num canteiro de obras no qual a equipe de obra tem como intervir e controlar.

Figura 4 - Formação de aspectos e impactos ambientais pela construção civil



Fonte: O autor, adaptado de Araújo e Cardoso (2010).

Apesar dos aspectos ambientais na construção civil terem despertado o interesse de vários autores (Degani (2003), Araújo e Cardoso (2010), Lima *et al.* (2016), Vechi *et al.* (2016), Soares (2017), Borja (2019)), verificou-se que esse tópico ainda apresenta uma certa carência de publicações científicas quando é feito um recorte para a construção e ampliação de aeroportos. Essa informação está de acordo com o mencionado por Xiong *et al.* (2022), ao sinalizar que são limitadas as pesquisas que abordam as questões ambientais associadas à construção de um aeroporto. Ao se pesquisar conteúdos na base de dados Scopus, em 12 de janeiro de 2023, com as palavras chaves ((“*environmental aspects*”) or (“*environmental aspect*”)) and ((“*airport work*”) or (“*airport construction*”) or (“*airport extension*”) or (“*airport renovation*”)) encontrou-se apenas 3 publicações que abordavam a temática e as mesmas estão relacionadas no Quadro 1. Na plataforma *Web of Science*, essa mesma busca não encontrou nenhum resultado.

Quadro 1 - Publicações sobre aspectos ambientais em obras aeroportuárias

Ano de Publicação	Autores	Título do Documento	Fonte	Quantidade de Citações
1998	Bruvo, J. V.	The airports in function of sustainable development of the Croatian islands	Hrvatski Geografski Glasnik 60, pp. 49-58	0
2001	Brunner, A.	Zürich airport extension project: Digital support for earthwork construction	Lecture Notes in Computer Science 2181, pp. 1	0
2003	Lenzen, M.; Murray, S. A.,	Environmental impact assessment including indirect	Environmental Impact Assessment Review	115

Ano de Publicação	Autores	Título do Documento	Fonte	Quantidade de Citações
	Korte, B.; Dey, C. J.	effects - A case study using input-output analysis	23(3), pp. 263-282	

Fonte: O autor (2023).

Bruvo (1998) salientou que a construção de um aeródromo deve atender às normas do desenvolvimento sustentável, abrangendo todos os grupos dos aspectos ambientais. Brunner (2001) afirmou que a expansão de um aeroporto é um grande desafio para os *stakeholders* devido aos cronogramas apertados, as interferências das atividades de construção com a operação aeroportuária, o controle dos aspectos ambientais e das regulamentações de segurança no trabalho. Para Lenzen *et al.* (2003) quanto maior o número de aspectos ambientais identificados, melhor o controle e mitigação dos impactos ambientais.

De acordo com a Constituição Federal do Brasil (1988) é importante prevenir os danos ambientais, pois o meio ambiente deve satisfazer as necessidades pessoais de cada cidadão e está legalmente protegido conforme os artigos de número 182 e 225. Conforme o IPEA (2010a) o impacto ambiental proporciona avarias naturais, perdas na economia e interfere negativamente no bem-estar da sociedade. Pois, acarreta alterações em diversas variáveis a exemplo do: clima, da saúde do homem, no processo produtivo, na vida animal e no hábitat natural, na vegetação, nas propriedades do ar, nos monumentos históricos e nos elementos da biodiversidade.

Nascimento (2016) desenvolveu uma ferramenta para avaliar a maturidade dos projetos básicos ambientais de obras industriais e de infraestrutura. O autor considerou que a utilização de boas práticas juntamente com o instrumento de avaliação proposto, tende a contribuir com o implemento de programas ambientais mais seguros durante a implantação dos empreendimentos. Além disso, a pesquisa concluiu que é possível reduzir os impactos ambientais gerados pelo não cumprimento dos prazos e dos cronogramas financeiros.

Segundo Araújo (2009), se preocupar com os impactos ambientais é de extrema seriedade, visto a necessidade de entender os motivos e a importância de cada um, de modo a priorizar sobre quais aspectos ambientais agir para reduzir e mitigar os danos ao ambiente. Para Soares (2017), após se identificar os aspectos ambientais de uma obra é preciso detectar quais as suas consequências, ou seja, elencar os impactos ambientais de cada um dos aspectos. Segundo a NBR ISO 14.001 (ABNT, 2015) impacto ambiental é a “modificação do meio ambiente, tanto adversa como benéfica, total ou parcialmente resultante dos aspectos

ambientais de uma organização”.

Baseado em Conesa (2010), as atividades são passíveis de gerar impactos ambientais se: modificarem o uso do solo, gerar emissões de gases poluentes, interferirem nas águas superficiais e subterrâneas, envolverem demasiada consumação de matérias primas naturais, energia, água e combustíveis, atuarem no ambiente biótico, contribuir para a deterioração da paisagem natural, afetarem as infraestruturas, modificarem o ambiente social, econômico, cultural; bem como envolver o descumprimento das normas ambientais vigentes. De acordo com a NBR ISO 14.001 (ABNT, 2015) um aspecto ambiental pode originar impactos ambientais e o aspecto ambiental pode ser significativo por ter ou poder ter um ou mais impactos ambientais. Além disso, esses aspectos podem derivar em riscos ou oportunidades.

Conforme Sánchez (2020), a avaliação dos impactos ambientais tem origem por meio da implantação de uma legislação estadunidense datada em 1970 popularmente conhecida como *National Environmental Policy Act*. Assim como os aspectos ambientais na construção civil, os estudos sobre os impactos ambientais têm crescido junto a diversos pesquisadores a exemplo de Agopyan e John (2016), Soares (2017), Maciel *et al.* (2018), Borja (2019), Carvalho *et al.* (2020), Ribeiro *et al.* (2021), Falcão *et al.* (2022) e Zhou *et al.* (2023). Entretanto, ao se pesquisar por meio das palavras chaves ((“*environmental impacts*”) or (“*environmental impact*”)) and ((“*airport work*”) or (“*airport construction*”) or (“*airport extension*”) or (“*airport renovation*”)) nas bases *Scopus* e *Web of Science*, em 12 de janeiro de 2023, verificou-se um quantitativo de 34 e 5 documentos respectivamente.

As 10 publicações que foram mais citadas por outras pesquisas estavam disponíveis na base *Scopus* e as mesmas estão catalogadas no Quadro 2.

Quadro 2 - Publicações sobre impactos ambientais em obras aeroportuárias identificadas na base *Scopus*

Ano de Publicação	Autores	Título do Documento	Fonte	Quantidade de Citações
1991	Maeda, M.	The Kansai International Airport project and environmental impact assessment	Marine Pollution Bulletin 23(C), pp. 349-353	14
1999	Miyazaki, K.; Chen, G.; Kudamatsu, J.; Sugimoto, Taketoshid; Yamamoto, F.;	High-efficiency soil transportation with spiral airflow	Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences 42(137), pp. 105-	4

Ano de Publicação	Autores	Título do Documento	Fonte	Quantidade de Citações
	Horh, K.		111	
2003	Lenzen, M.; Murray, S.A.; Korte, B.; Dey, C.J.	Environmental impact assessment including indirect effects - A case study using input-output analysis	Environmental Impact Assessment Review 23(3), pp. 263-282	115
2004	Soneryd, L.	Public involvement in the planning process: EIA and lessons from the Örebro airport extension, Sweden	Environmental Science and Policy 7(1), pp. 59-68	17
2009	Gómez-Navarro, T.; García-Melón, M.; Acuña-Dutra, S.; Díaz-Martín, D.	An environmental pressure index proposal for urban development planning based on the analytic network process	Environmental Impact Assessment Review 29(5), pp. 319-329	48
2012	Giustozzi, F.; Toraldo, E.; Crispino, M.	Recycled airport pavements for achieving environmental sustainability: An Italian case study	Resources, Conservation and Recycling 68, pp. 67-75	36
2014	Ravizza, S.; Atkin, J.A.D.; Burke, E.K.	A more realistic approach for airport ground movement optimisation with stand holding	Journal of Scheduling 17(5), pp. 507-520	58
2017	Yan, H.-K.; Wang, N.; Wu, N.; Song, N.-Q.; Zhu, D.-L.	Estimating environmental value losses from earth materials excavation and infilling for large-scale airport construction: a case of Dalian Offshore Airport, Dalian, China	Environmental Science and Pollution Research 24(26), pp. 21168-21179	5
2020	Greer, F.; Rakas, J.; Horvath, A.	Airports and environmental sustainability: A comprehensive review	Environmental Research Letters 15(10),103007	22
2020	Monterrubio, C.; Andriotis, K.; Rodríguez-Muñoz, G.	Residents' perceptions of airport construction impacts: A negativity bias approach	Tourism Management 77,103983	13

Fonte: O autor (2023).

Maeda (1991) avaliou os impactos ambientais da qualidade da água marinha, durante a construção do *Kansai International Airport* sobre a Baía de *Osaka* no Japão por meio de uma ilha artificial. O estudo monitorou a turbidez, bem como outros elementos que interferem na qualidade da água como a transparência, lâmina de óleo superficial e de materiais em suspensão. Miyazaki *et al.* (1999) desenvolveram um sistema de transporte de solo para construção de aeroportos à beira mar de baixo impacto ambiental.

Lenzen *et al.* (2003) destacam que a medida dos impactos ambientais é uma demanda que abrange várias normas internacionais. Os autores realizaram uma análise *input-output* da construção de um segundo aeroporto em Sydney na Austrália e verificaram que os impactos totais são superiores aos inicialmente previstos no Estudo de Impacto Ambiental (EIA) para os indicadores de perturbação do solo, emissões de GEE, uso da água e geração de empregos. Soneryd (2004) afirmou que o EIA deve envolver a comunidade local inserida na construção de um aeroporto, contribuindo nas tomadas de decisões ambientais e mitigação dos impactos.

Gómez-Navarro *et al.* (2009) apresentaram uma proposta de planejamento urbano, para desativar o aeroporto *La Carlota* em Caracas, na Venezuela, por meio de indicadores ambientais. Os autores consultaram especialistas na área e utilizaram o método de apoio à tomada de decisão multicritério *Analytic Network Process* (ANP) para ordenarem quais eram os principais impactos ambientais a serem considerados durante o ciclo de vida do projeto. Os resultados apontaram que a geração de resíduos e o consumo de energia e água se destacaram, sendo esse último o de maior importância a se monitorar.

Giustozzi *et al.* (2012) pesquisaram pavimentos aeroportuários produzidos com 85% de materiais reciclados. Os resultados encontrados são favoráveis, pois foram desenvolvidos pavimentos duradouros, com bom desempenho mecânico e de menor impacto ambiental. Ainda de acordo com o estudo, 35% das emissões podem ser reduzidas se as práticas de reciclagem forem levadas em consideração para a construção de pavimentos.

Ravizza *et al.* (2014) verificaram que é comum que os aeroportos trabalhem bem próximo da sua capacidade máxima, devido ao crescente aumento de movimentação de aeronaves e passageiros. Os autores apontam que além de terem que lidar com esse problema, os aeroportos precisam atender a uma vasta legislação ambiental. O respectivo estudo utilizou de métodos matemáticos de apoio à tomada de decisão para resolver a situação, mitigando assim diversos impactos ambientais que uma possível obra de ampliação pode trazer.

Segundo Yan *et al.* (2019) a construção de aeroportos *Off-Shore* como o chinês *Dalian Offshore Airport* demanda de grande remoção e movimentação de terra, resultando em grave poluição ambiental e danos ao ecossistema. Os autores verificaram na literatura uma escassez

de estudos publicados sobre os impactos ambientais da construção desses aeroportos e estimaram uma perda anual do valor ambiental de US\$ 7,75 milhões. Além disso, identificou-se que a biologia marinha e os ecossistemas florestais sofreram impactos significativos.

Greer, *et al.* (2020) realizaram uma abordagem cientométrica e verificaram que os impactos ambientais atribuídos à construção de aeroportos são significativos e precisam ser considerados. O estudo identificou que a edificação de um aeroporto resulta na emissão de gases poluentes atmosféricos, materiais particulados, deslocamento e danos aos ecossistemas naturais, geração de resíduos e do consumo de recursos naturais como a água. Os autores propõem que ao se projetar um novo ou a expansão de aeródromo, deve-se buscar a avaliação dos impactos ambientais resultantes por um método sistemático.

Monterrubio *et al.* (2020) averiguaram a percepção de uma sociedade vizinha à implantação de um aeroporto e constataram que apesar do empreendimento ser um atrativo de desenvolvimento econômico, os impactos ambientais de sua construção e operação devem ser avaliados. Os autores verificaram que nem todos os projetos aeroportuários envolvem a comunidade adjacente à região onde se constrói um aeroporto e sugeriram que pesquisas sejam realizadas e considerem as informações apresentadas por essa parte interessada no processo. O estudo identificou os impactos positivos e negativos nas dimensões econômica, social e ambiental, sendo que essa última foi a única a apresentar apenas impactos adversos a exemplo de geração de ruídos, emissões de GEE, perturbações do habitat, produção de resíduos e poluição da água e do ar.

Wan *et al.* (2022) verificaram que o surgimento de ilhas de calor é uma consequência direta da construção de infraestruturas aeroportuárias. A pesquisa observou que a instalação dessas estruturas ocasiona grandes impactos ambientais, porque aumentam as áreas impermeáveis e alteram as paisagens naturais, a radiação na superfície e a umidade em áreas urbanas. Para minimizar a variabilidade térmica, os autores recomendam o uso racional do solo por meio das dimensões ambientais, governança e social.

Costa *et al.* (2019) afirmam que os impactos ambientais ocasionados pela construção de grandes empreendimentos ocorrem durante o período de implantação e se mantêm na fase de operação. Kim *et al.* (2021) declararam que os estudos de viabilidade técnica e econômica, da construção de um aeroporto, devem avaliar obrigatoriamente os impactos ambientais. Para Wijewantha e Kulatunga (2022), as obras de infraestrutura resultam em diversos impactos ambientais comparativamente maiores que outras tipologias de obras. Os autores relacionam esse fato à complexidade e grandeza desses projetos.

Chourasia *et al.* (2021) afirmaram que os operadores aeroportuários enfrentam um

grande desafio ao decidirem edificar ou expandir um aeroporto. Isso se dá devido a necessidade de encontrarem uma equilibrada equação, de um lado, que maximizem a capacidade dessas infraestruturas frente a potencialidade de crescimento futuro, por outro lado, a minimização dos impactos ambientais associados à sua construção e operação.

Costa *et al.* (2019) destacam a alteração na flora e fauna; as perturbações no trânsito e o desgaste das vias de acesso durante o transporte dos materiais que serão aplicados nas obras; a modificação na paisagem natural; a geração de ruídos e os materiais em suspensão como os principais impactos ambientais. Ainda de acordo com o respectivo estudo, na maioria das vezes os impactos ambientais negativos se concentram durante a fase de construção devido a interferência na paisagem pelos serviços de terraplanagem, impermeabilização e compactação do solo.

Segundo Fogli (2016) as ações antrópicas, em sua maioria, geram aspectos ambientais que por sua vez causam danos ou impactos ambientais. O autor sinaliza que as obras de engenharia são responsáveis por provocarem esses elementos ao meio ambiente, bem como no meio social e econômico; independentemente do porte, uso e funcionalidade do empreendimento. Além disso, a significância de impacto varia de pequena a grande, assim como também o ambiente construído influencia e altera o meio ambiente.

Para o PMI (2016), vários são os aspectos ambientais que precisam ser considerados para a execução de uma obra civil, inclusive de um aeroporto, sendo eles: a reciclagem e gestão dos resíduos, o manuseio dos resíduos perigosos, o monitoramento do ruído, o controle acústico, os impactos ambientais, a drenagem local, o controle da poeira, o gerenciamento do tráfego, os requisitos governamentais etc. Para Lima *et al.* (2016) a identificação dos aspectos ambientais, na construção civil, contribui para que sejam analisadas as atividades/produtos/serviços causadores, de forma que seja possível mapear suas falhas e possibilite a adoção de ações mitigadoras dos impactos ambientais.

Degani (2003) desenvolveu uma proposta de identificação dos aspectos e impactos ambientais para empresas construtoras, relacionando as mesmas com as macros atividades dos canteiros de obras conforme está representado no Quadro 3. A sugestão é baseada no modelo de causa e efeito, onde se identifica os dados das atividades e produtos que intervêm no meio ambiente e que podem proporcionar modificações nesse meio.

Quadro 3 - Matriz de identificação dos aspectos e impactos ambientais em canteiros de obras proposta por Degani (2003)

MACRO ATIVIDADES								ASPECTOS AMBIENTAIS	IMPACTOS AMBIENTAIS																															
									meio físico							meio biótico	meio antrópico																							
investigação do terreno	preparação do terreno	atividades de produção	gestão RH (gestão suprimentos (escritório/almoxtarifado))	atividades de manutenção e reabilitação	descarte resíduos sólidos	descarte efluentes líquidos	recebimento materiais no canteiro		comportamento usuários / vivência	atividades de desmonte	alteração das propriedades físicas	contaminação química	indução processos erosivos	esgotamento jazidas minerais	deterioração da qualidade do ar		poluição sonora	alteração qualidade águas superficiais	aumento quantidade de sólidos	poluição águas subterrâneas	alteração regimes de escoamento	escassez água	interferências na fauna	interferências na flora	alteração dinâmica dos ecossistemas	alteração qualidade paisagística	escassez energia elétrica	alteração condições de saúde	incômodo para a comunidade	alteração tráfego nas vias locais	pressão sobre serviços urbanos	alteração nas condições de segurança	danos a bens edificados	aumento volume aterros de resíduos	geração emprego e renda	aumento despesas município / empresa	interferência drenagem urbana	perda de solos férteis	dinamização econômica	
		X	X				X	X									X																					X		
X	X			X			X	X										X								X				X					X	X		X		
		X		X	X		X					X														X		X									X	X	X	
		X		X	X	X	X					X	X	X			X	X	X	X					X	X	X	X	X	X	X						X	X	X	X
X	X	X		X			X					X													X	X	X	X							X	X				
X	X	X		X			X								X							X				X	X													
		X																																	X	X				
X	X	X												X														X	X											
X	X	X		X			X	X																		X	X													
X	X	X		X			X							X														X	X											
X	X	X		X			X																			X	X													
X	X	X		X			X	X																																
X	X	X		X	X	X	X									X												X	X											
X	X	X		X																																				
X	X	X		X																																				
		X		X																																				
X	X	X												X																										
X	X	X		X										X																										
		X																																						
		X		X																																				

Fonte: Degani (2003).

Já Araújo (2009) sugeriu práticas para a gestão sustentável em canteiros de obras e desenvolveu uma matriz, derivada de Degani (2003), de correlação entre os aspectos e impactos ambientais para a construção civil conforme é ilustrado no Quadro 4. A autora realça que é importante se preocupar e identificar os aspectos ambientais, visto que eles são os elementos geradores dos impactos ambientais. Além disso, é possível entender e priorizar diretrizes para abolir ou mitigar as influências negativas de cada impacto ao meio ambiente.

Quadro 4 - Matriz de conexão entre aspectos e impactos ambientais em canteiros de obras

TEMAS	IMPACTOS AMBIENTAIS											
	Meio físico			Meio biótico	Meio antrópico							
	Solo	Ar	Água		Trabalhador	Vizinhança	Sociedade					
ASPECTOS AMBIENTAIS	Alteração das propriedades físicas											
	Contaminação química											
	Indução de processos erosivos											
	Esgotamento de reservas minerais											
	Deterioração da qualidade do ar											
	Polluição sonora											
	Alteração da qualidade das águas superficiais											
	Aumento da quantidade de sólidos											
	Alteração da qualidade das águas subterrâneas											
	Alteração dos regimes de escoamento											
	Escassez de água											
Interferências na fauna local												
Interferências na flora local												
Alteração da dinâmica dos ecossistemas locais												
Alteração da dinâmica do ecossistema global												
Alteração nas condições de saúde												
Alteração nas condições de segurança												
Alteração da qualidade paisagística												
Alteração nas condições de saúde												
Inômodo para a comunidade												
Alteração no tráfego de vias locais												
Pressão sobre serviços urbanos (exoto drenagem)												
Alteração nas condições de segurança												
Danos a bens edificados												
Interferência na drenagem urbana												
Escassez de energia elétrica												
Pressão sobre serviços urbanos (exoto drenagem)												
Aumento do volume atores de resíduos												
Interferência na drenagem urbana												
Inômodos e poluições	Geração de resíduos perigosos		⊗	X			X					
	Geração de resíduos sólidos	X		X	⊗						X	⊗
	Emissão de vibração		X			X	⊗		X	⊗		
	Emissão de ruídos			⊗		X			X	⊗		
	Lançamento de fragmentos						⊗	X	⊗		⊗	
	Emissão de material particulado			⊗		X	⊗	X		⊗		
	Manejo de materiais perigosos		X	X	X		X	X		X		

⊗ - Impactos considerados mais relevantes.

Fonte: Araújo (2009).

Fogli (2016) considera que os impactos ambientais nos canteiros de obras são responsáveis por fatores e elementos que interagem com o meio ambiente e os mesmos podem ser minimizados por meio de um gerenciamento e identificação adequada. Para Lima *et al.*

(2016) quando se tem o conhecimento prévio dos aspectos e consequentemente dos impactos ambientais gerados por uma obra é possível a minimização dos mesmos e de suas consequências. Ainda baseado nos autores, embora os impactos ambientais sejam o maior problema é de fundamental importância que os aspectos ambientais e as suas atividades/produtos/serviços pertinentes sejam averiguados quanto a ocorrência e intensidade.

Dagani (2003) sugere que as empresas construtoras possuam programas ambientais, de modo a agirem nas origens dos aspectos ambientais e mitigar a geração de impactos ambientais decorrentes das atividades da construção civil.

Vechi *et al.* (2016) afirmam que a metodologia utilizada para identificar os aspectos ambientais, em um canteiro de obras, necessita considerar todas as etapas dos serviços e atividades realizadas que causem ou possam gerar impactos ambientais. Os pesquisadores destacam que as entregas realizadas no passado que originaram impactos e as configuram como passivo ambiental também carecem de ações de controle e correção nessa etapa. Outro elemento a ser considerado é a revisão do registro dos aspectos ambientais sempre que houver necessidade.

Ainda de acordo com Vechi *et al.* (2016), deve-se considerar durante a identificação dos aspectos ambientais da construção civil as atividades que o empreendimento possui controle direto e aquelas que se pode exercer influência direta. Os autores destacam que a fase de identificação requer uma análise criteriosa das atividades de uma obra de modo que esses aspectos sejam inventariados adequadamente. Além disso, o estudo propõe um roteiro, onde é feita uma classificação por meio de 7 grupos (1 – Efluentes líquidos, 2 – Emissões atmosféricas, 3 – Resíduos sólidos, 4 – Recursos naturais, 5 – Ruídos e vibrações, 6 – Flora e fauna e 7 – Emergências) de aspectos ambientais por natureza que pode ser aplicada por empresas da construção civil conforme é ilustrado no Quadro 5.

Quadro 5 - Aspectos ambientais das atividades construção civil e seus impactos ambientais

Grupo	Atividades	Aspectos Ambientais	Impactos Ambientais
1 – Efluentes Líquidos	Gerenciamento de canteiro de obra / limpeza de caixa d'água	Armazenamento de água potável em caixas, reservatórios, bebedouros	Alteração da potabilidade da água
	Manutenção de máquinas e equipamentos	Borra oleosa	Alteração da qualidade do solo / água
	Gerenciamento de efluentes		
	Manutenção de máquinas e equipamentos	Efluentes oleosos	Alteração da qualidade das águas
	Gerenciamento de efluentes		
	Limpeza de banheiros químicos		
	Gerenciamento de efluentes	Efluentes sanitários	Alteração da qualidade das águas
Gerenciamento de efluentes	Fluxo de produtos químicos	Alteração do lençol freático	
2 – Emissões Atmosféricas	Manutenção de máquinas e Equipamentos	Emissão de fumaça preta	Alteração da qualidade do ar

Grupo	Atividades	Aspectos Ambientais	Impactos Ambientais
	Atividades principais da obra		
3 – Resíduos Sólidos	Gerenciamento de resíduos	Cartucho de Impressora	Contaminação do solo
	Atividades principais da obra		
	Gerenciamento de resíduos	Embalagens de Agroquímicos	Alteração da qualidade do solo
	Atividades principais da obra		
	Gerenciamento de resíduos	EPIs contaminados	Contaminação do solo
	Atividades principais da obra		
	Gerenciamento de resíduos	Lâmpadas em geral	Alteração da qualidade do solo/água
	Atividades principais da obra		
	Gerenciamento de resíduos	Latas e Borra de tinta	Alteração da qualidade do solo
	Atividades principais da obra		
	Gerenciamento de resíduos	Lixo orgânico (doméstico)	Ocupação do aterro
	Atividades principais da obra		
	Gerenciamento de resíduos	Madeira / Serragem	Esgotamento / redução da disponibilidade de recursos naturais
	Atividades principais da obra		
	Gerenciamento de resíduos	Óleos lubrificantes	Alteração da qualidade do solo/água
	Atividades principais da obra		
	Gerenciamento de resíduos	Papel / Papelão	Esgotamento/ redução da disponibilidade de recursos naturais
	Atividades principais da obra		
	Gerenciamento de resíduos	Pilhas e Baterias	Ocupação do aterro
	Atividades principais da obra		
	Gerenciamento de resíduos	Plástico em Geral	Esgotamento/ redução da disponibilidade de recursos naturais
	Atividades principais da obra		
	Gerenciamento de resíduos	Pneus	Alteração da qualidade do solo/água
	Atividades principais da obra		
	Gerenciamento de resíduos	Resíduo de mato / grama	Alteração da qualidade do solo
	Atividades principais da obra		
	Gerenciamento de resíduos	Resíduos de construção / concreto	Alteração da qualidade do solo, ocupação do aterro
	Atividades principais da obra		
	Gerenciamento de resíduos	Resíduos de tintas e solvente	Contaminação do solo
	Atividades principais da obra		
	Gerenciamento de resíduos	Sucatas de metais	Alteração da qualidade do solo
	Atividades principais da obra		
Gerenciamento de resíduos	Tambores de aço	Alteração da qualidade do solo/água	
Atividades principais da obra			
Gerenciamento de resíduos	Varrição	Ocupação do aterro	
Atividades principais da obra			
Gerenciamento de resíduos	Resíduos de ambulatório	Contaminação do solo e água	
Atividades principais da obra			
Gerenciamento de resíduos	Embalagens de Produtos Químicos (Tambor/ Lata/ Bombona Plástica)	Contaminação do solo/ água	
Atividades principais da obra			
Gerenciamento de resíduos	Material Impregnado com Produto Químico	Contaminação do Solo	
Atividades principais da obra			
Gerenciamento de resíduos	Resíduos Não Recicláveis	Ocupação do aterro	
Atividades principais da obra			
Gerenciamento de resíduos			
4 – Recursos Naturais	Gerenciamento de canteiro de obra	Consumo de água	Esgotamento / redução de recursos naturais
	Atividades principais da obra		
	Execução de pré-moldados		
	Gerenciamento de canteiro de obra	Consumo de combustível	Esgotamento / redução de recursos naturais
	Atividades principais da obra		
	Materiais em geral	Consumo de madeira	Contribuição para o desmatamento
	Gerenciamento de canteiro de obra		
	Atividades principais da obra		
Materiais em geral	Consumo de recursos minerais	Esgotamento / redução da	
Gerenciamento de canteiro de obra			

Grupo	Atividades	Aspectos Ambientais	Impactos Ambientais
	Atividades principais da obra	Consumo de energia elétrica	disponibilidade de recursos naturais
	Materiais em geral		
	Gerenciamento de canteiro de obra		
	Atividades principais da obra		
5 – Ruídos e Vibrações	Gerenciamento de canteiro de obra	Ruído	Incômodos à comunidade
	Manutenção de máquinas e equipamentos		
	Atividades principais da obra		
6 – Flora e Fauna	Supressão vegetal	Poda / Corte de árvores	Danos a Flora/ Risco de Erosão, Deslizamento e Assoreamento
	Supressão vegetal	Desmatamento da flora original	Danos ao ecossistema/ Risco de Erosão, Deslizamento e Assoreamento
7 - Emergências	Manutenção de equipamentos	Derramamento / Vazamento de Produto Químico	Alteração da qualidade do solo/água
	Gerenciamento de canteiro de obra	Incêndio Florestal	Alteração da qualidade do ar
	Manutenção de equipamentos	Transbordamentos	Alteração da qualidade do solo/água

Fonte: Vechi *et al.* (2016).

Conforme Vechi *et al.* (2016) os elementos apresentados no Quadro 5 são um conjunto mínimo de aspectos e impactos ambientais de um canteiro de obras e o mesmo poderá ser ampliado conforme as tarefas a serem desenvolvidas em cada empreendimento específico. Ainda baseado nas informações dos autores, é preciso que sejam estabelecidas ações de controle sobre os aspectos ambientais com o objetivo de mitigar os possíveis impactos ambientais do projeto. Villegas *et al.* (2018) identificaram que a maior concentração de impactos ambientais ao longo de uma obra de infraestrutura ocorre na fase de construção.

De acordo com Lima *et al.* (2016) os aspectos ambientais e seus respectivos impactos, na construção civil, ocorrem em três etapas do processo construtivo, segundo relacionadas a seguir: preparo do terreno e instalação de equipamentos e materiais; processo de produção da obra propriamente dita e a fase de acabamento e limpeza. Para os autores, a etapa de preparo do terreno, instalação de equipamentos e materiais envolve todo o processo desde a limpeza do terreno até a chegada dos materiais e equipamentos que não sejam impeditivos para o início efetivo da obra (Quadro 6).

Quadro 6 - Atividades, aspectos e impactos ambientais da fase inicial de uma obra

ATIVIDADE	ASPECTO	IMPACTO
Limpeza do Terreno	Desmatamento	Indução a processos erosivos
		Aumento da temperatura no planeta
	Geração de Resíduos Sólidos de escavações	Redução do tempo de vida útil de aterros
Terraplenagem	Movimento de terra	Indução a processos erosivos
	Emissões pelo escapamento de caminhões e máquinas	Maior concentração de GEE (Gases de Efeito Estufa)
		Alteração da qualidade do ar
	Vazamento de óleo e combustível	Contaminação do solo e lençóis freáticos
Emissão de ruídos das máquinas	Poluição sonora	
	Perturbação da vizinhança	
Transporte de materiais	Emissões de gases pelo escapamento de caminhões e máquinas	Maior concentração de GEE (Gases de Efeito Estufa)
		Alteração da qualidade do ar
	Vazamento de óleo e combustível	Contaminação do solo e lençóis freáticos
Emissão de ruídos	Poluição sonora	
	Perturbação da vizinhança	
Entrada, segregação e armazenamento de materiais	Emissão de material particulado	Alteração da qualidade do ar
		Riscos à saúde humana

Fonte: Lima *et al.* (2016).

O estudo considera que na fase em que ocorre o processo de produção da obra propriamente dita envolve as atividades de: fundações, superestruturas, levante de alvenarias, regularização do terreno e a impermeabilização (Quadro 7).

Quadro 7 -Atividades, aspectos e impactos ambientais da fase intermediária de uma obra

ATIVIDADE	ASPECTO	IMPACTO
Cortes de madeira	Emissão de pó	Alteração da qualidade do ar
		Riscos à saúde humana
	Emissão de ruídos	Poluição sonora
	Consumo de energia elétrica	Maior demanda das usinas energéticas
Preparo de ferragens e concreto	Geração de resíduos	Redução do tempo de vida útil de aterros
		Alteração da biodiversidade e ecossistema local
	Emissão de ruídos	Poluição sonora
	Extração de recurso natural	Esgotamento de recursos naturais
	Consumo de energia elétrica	Maior demanda das usinas energéticas
Consumo de água	Esgotamento de recursos hídricos	
	Alteração da biodiversidade e ecossistema local	
Geração de efluentes (lavagem da betoneira)	Poluição do solo e lençóis freáticos	
Execução de fundações, vigas e pilares	Geração de resíduos (sobras de ferro, concreto, etc.)	Redução do tempo de vida útil de aterros
Levantamento de alvenaria	Geração de resíduos (sobras de argamassa e tijolo)	Redução do tempo de vida útil de aterros
Compactação do solo (utilização do equipamento compactador: "sapo")	Consumo de água	Esgotamento de recursos hídricos
	Emissão de ruídos	Poluição sonora
Impermeabilização de estruturas	Geração de resíduos contaminados	Contaminação do solo e lençóis freáticos

Fonte: Lima *et al.* (2016).

Já na fase de acabamento e limpeza, os autores verificaram que essa etapa compreende os serviços de revestimentos, pintura, assentamento de piso (Quadro 8).

Quadro 8 - Atividades, aspectos e impactos ambientais da fase final de uma obra

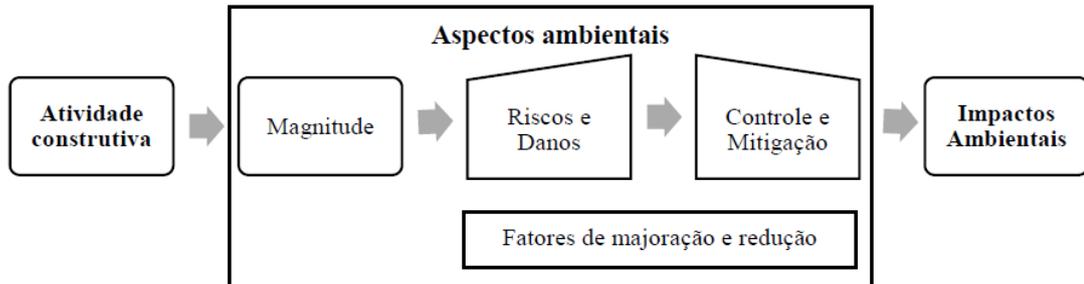
ATIVIDADE	ASPECTO	IMPACTO
Preparo de argamassa	Consumo de água	Esgotamento de recursos hídricos
	Emissão de material particulado	Alteração da qualidade do ar
	Extração de recurso (argila, calcário e areia)	Esgotamento de recursos naturais
Revestimentos	Geração de resíduos (sobras de argamassa)	Redução do tempo de vida útil de aterros
Assentamento cerâmico	Geração de resíduos (sobras de cerâmicas)	Redução do tempo de vida útil de aterros
Pintura	Geração de resíduos perigosos (tintas e solventes)	Contaminação do solo e lençóis freáticos
		Alteração da qualidade do ar
		Riscos à saúde humana

Fonte: Lima *et al.* (2016).

Borja (2019) desenvolveu um método quantitativo para a previsão de aspectos ambientais gerados por canteiros de obras. O autor levantou o grau de riscos e danos adjuntos que esses aspectos podem ocasionar, do mesmo modo que as medidas de controle e mitigação disponíveis nos empreendimentos estudados. A metodologia utilizada na pesquisa foi baseada

e adaptada no modelo proposto pela *European Commission* (2013). A Figura 5 ilustra um fluxo de análise que possui correlação entre as atividades construtivas, aspectos ambientais e impactos ambientais, esse método de ligação é comumente observado na literatura.

Figura 5 - Atividades construtivas sugerido pela *European Commission* para construção civil



Fonte: Borja (2019), adaptado de *European Commission* (2013).

Ainda de acordo com Borja (2019), foi feita a correlação de uma escala de valores de magnitude de modo que fosse possível agregar e conseqüentemente comparar os resultados obtidos, conforme descrito a seguir: 0 (zero) → insignificante ou nula magnitude; 1 (um) → baixa magnitude; 2 (dois) → média magnitude e 3 (três) → elevada magnitude. A intensidade de ocorrência do aspecto ambiental na atividade construtiva foi definida como o grau da magnitude atrelado a indicadores de consumo (direto ou indireto) e frequência (eventual, regular e intensa). O autor considerou como a dimensão de riscos e danos os possíveis pontos de influência negativa dos aspectos ambientais das atividades construtivas e o meio ambiente. Por fim, foi associada a variável controle e mitigação os recursos disponíveis para propor melhorias e minimizar a magnitude e o risco de acordo com o perfil da organização, a disponibilidade de tecnologia e pessoal das obras estudadas (Quadro 9).

Quadro 9 - Matriz de análise de aspectos ambientais gerados em canteiros de obras

Aspectos (I)	Magnitude/Frequência (M) (1)	Condições a observar	
		Risco de gerar dano ambiental, dano ocupacional ou incômodo (R)	Controle e Mitigação (C)
Consumo			
Consumo de recursos naturais minerais	1 = Consumo indireto 2 = Consumo direto relevante 3 = Consumo direto e elevado	a) tipo de risco de dano associado: ambiental, ocupacional ou a vizinhança. b) material a manipular quanto a natureza (inerte, volátil), ao risco (ergonômico, físico, químico) e ao desempenho ambiental (reutilizável, reciclável ou de difícil descarte)	Tipo de controle: a) na fonte, no processo ou fim de tubo; b) sistemático ou eventual; c) autocontrole ou supervisionado.
Consumo de madeira			
Consumo de recursos industrializados (exceto madeira)			
Consumo de água	1 = Consumo indireto baixo 2 = Consumo direto relevante 3 = Consumo direto alto	a) perdas e águas residuais b) uso de água subterrânea sem monitoramento	Tipo de controle: a) na fonte, no processo ou fim de tubo; b) direto ou indireto; c) sistemático ou eventual; d) autocontrole ou supervisionado.
Consumo de energia		a) risco de perturbação da rede em função da potência instalada; b) uso de gerador a combustão	
Resíduos			
Geração de resíduos perigosos	1 = Geração baixa 2 = Geração relevante 3 = Geração elevada	a) tipo de risco de dano associado: ambiental, ocupacional ou a vizinhança. b) material a manipular quanto a natureza (inerte, volátil), ao risco (ergonômico, físico, químico) e ao desempenho ambiental (reutilizável, reciclável ou de difícil descarte)	Quanto as etapas atendidas: seleção, armazenamento temporário, coleta, reuso/reciclagem e descarte.
Geração de resíduos recicláveis ou vegetação			
Poluição			
Circulação de veículos e máquinas	1 = Demanda baixa 2 = Demanda relevante (transporte, corte e impacto) 3 = Demanda elevada (transporte, corte e impacto)	Grau de risco ocupacional e de incômodos à vizinhança segundo: a) tipo de máquina (corte, impacto, transporte); b) risco de dano (alto, médio ou alto); c) proximidade do local da atividade em relação a vizinhança.	Tipos de controle quanto a: a) sinalização (visual e sonoros); b) grau de separação física; c) sistema de supervisão.
Emissão de poeira e particulados	1 = Emissão baixa 2 = Emissão relevante 3 = Emissão alta		
Emissão de ruído e vibração			
Uso do solo			
Movimentação de solo - limpeza	1 = Baixo, área até 250 m ² 2 = Médio, área acima de 250 e até 1.000m ² 3 = Alta, área acima de 1.000m ²	Grau de risco à estabilidade do solo em função do volume (baixo, médio e alto) e da profundidade (abaixo ou maior que 2m) do solo escavado, bem como a proximidade das construções vizinhas.	Graus de separação física e interação com outras atividades: a) com separação de outras atividades e do entorno construído; b) concomitante com atividades ou na divisa com o entorno construído; c) concomitante com atividades e na divisa com o entorno construído
Armazenamento de agregados e resíduos	1 = Baixo (volume e ciclo) 2 = Médio (volume e ciclo) 3 = Elevado (volume e ciclo)	Risco de ocupar o passeio (baixo, médio ou alto)	Tipo de armazenamento adotado: a) armazenamento coberto; b) descoberto com cobertura temporária (lona plástica); c) armazenamento a céu aberto e sem cobertura temporária. Outras formas de mitigação de poeiras como aspersão de água.
Armazenamento de manufaturados			
Segurança e saúde			
Trabalho com veículos e máquinas de grande porte	1 = Baixa (indireto e eventual) 2 = Média (direto e eventual) 3 = Elevada (direto e regular)	Risco de acidente em função do grau de exposição e do dano.	a) Separação física das atividades b) Média interação com atividades ou média intensidade c) Execução concomitante com outras atividades e alta intensidade.
Trabalho em altura		Risco de queda em função da atividade e local: a) trabalho em laje fixa; b) trabalho em bandeja fixa; c) trabalho em plataforma móvel	Uso de medidas de proteção: coletiva (barreiras físicas, redes de proteção, plataformas; sinalizações) e individuais (cinto, capacete)
(1) Adaptado de Cardoso e Araújo (2007), Gangolells (2009) e EMAS (2013).			

Fonte: Borja (2019).

É possível que a adaptação e a utilização do método desenvolvido por Borja (2019) possa contribuir como ferramenta de avaliação e suporte à tomada de decisão ambiental durante

a construção de aeroportos, colaborando para a redução dos impactos ambientais em canteiros de obras dessa tipologia.

Conesa (2010) afirma que o objetivo fundamental de uma avaliação dos impactos ambientais é evitar possíveis erros e a ocorrência da degradação ambiental, visto que corrigir posteriormente é muito caro. De acordo com Sánchez (2020), o processo de avaliação dos impactos ambientais precede da identificação dos mesmos e a sua mensuração é uma etapa de muita importância e deve ser realizada de maneira cuidadosa para que não haja equívocos quanto à valorização da sua importância. Pötter (2016) verificou, em sua pesquisa, que existe uma variedade de métodos para a classificação dos impactos ambientais ocasionados pela construção civil, conforme é ilustrado no Quadro 10.

Quadro 10 - Métodos utilizados para avaliação dos impactos ambientais da construção civil

Método	Publicação
Leopold (1971)	<i>A Procedure for Evaluating Environmental Impact</i>
Moreira (1985)	Avaliação de Impacto Ambiental
CONAMA n° 01/1986	Dispõe sobre Critérios Básicos e Diretrizes Gerais para o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA
Conesa (1993)	<i>Guía Metodológica Para La Evaluación Del Impacto Ambiental</i>
Lohani (1997)	<i>Environmental Impact Assessment for Developing Countries</i>
Espinoza (2001)	<i>Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental</i>
Glasson (2005)	<i>Introduction to Environmental Impact Assessment</i>
González (2008)	<i>Manual de Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos, Obras o Actividades</i>
Arboleda (2009)	<i>El Método Arboleda: Una Herramienta para La Evaluación de Impacto Ambiental</i>
Sánchez (2013)	Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e Métodos

Fonte: O autor, adaptado de Pötter (2016).

Conesa (2010) desenvolveu uma proposta de avaliação dos impactos ambientais através de um modelo matemático, derivado da matriz de Leopold e do método Battelle, onde é possível classificar a severidade dos impactos ambientais por meio de intervalos numéricos. Para a elaboração do método, também foi realizada a consulta a especialistas por meio de pesquisas no estilo Delphi. O autor afirma que a metodologia proposta estabelece a magnitude do impacto, que a depender do seu alcance, demandará ou não de correções e o classifica como um método do tipo espontâneo ou “Ad Hoc” por se adaptar as questões específicas da avaliação de impacto ambiental de maneira flexível e personalizada.

Além disso, o método é recomendado para a avaliação de vários tipos de empreendimentos, inclusive da construção e ampliação de aeroportos.

Cuellar (2015) avaliou o impacto ambiental gerado na fauna após a construção de uma obra de infraestrutura por meio do método proposto por Conesa (2010). Cipponeri (2019)

afirma que a metodologia é muito útil devido a variedade de atributos para caracterizar os impactos ambientais de maneira ampla, pois auxilia no entendimento de forma abrangente a respeito de quais propriedades eles possuem. Guevara e Burgos (2019) realizaram um estudo comparativo entre diferentes métodos de avaliação de impacto ambiental e constataram que o procedimento metodológico desenvolvido por Conesa (2010) foi o mais adequado para o empreendimento analisado por considerar 11 critérios distintos.

Martínez *et al.* (2019) propuseram um método de avaliação de impacto ambiental por meio de uma abordagem de rede complexa, eliminando a subjetividade e reduzindo as incertezas dos métodos tradicionais. Os autores verificaram que a determinação da significância dos impactos ambientais através da interação multidirecional apresenta uma redução do percentual de impactos irrelevantes e moderado, apresentando um incremento da quantidade de impactos severos e críticos. Além disso, a metodologia é baseada em um modelo matemático analítico que favorece a análise inter-relações entre os projetos e o meio ambiente.

2.1.3 Aeroporto do Recife e obras de modernização

O Aeroporto dos Guararapes, fica localizado no Nordeste brasileiro, no estado de Pernambuco, na zona Sul da cidade do Recife/Pernambuco e nas proximidades dos bairros Jordão, Ibura, IPSEP, Imbiribeira e Boa Viagem, junto aos limites municipais com Jaboatão dos Guararapes. Conforme o decreto nº 25.170-A o primeiro nome do aeroporto é uma referência a histórica Batalha dos Guararapes entre os anos de 1648 e 1649 entre portugueses e holandeses.

De acordo com Barcelos (2018) a construção do Aeroporto Internacional do Recife Guararapes - Gilberto Freyre antecede a 2ª Guerra Mundial, sendo que o combate bélico contribuiu para aprimorar a estrutura da Base Aérea do Recife e por conseguinte do próprio aeroporto.

Conforme a ANAC (2018), por meio da publicação dos Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental (EVTEA) ao final do conflito o Aeroporto do Recife já possuía grande relevância no âmbito do transporte aéreo entre a Europa e o Atlântico Sul. Silva (2010), corrobora que as obras de construção do Aeroporto Internacional dos Guararapes tiveram início nos anos 1950 e inaugurado pelo então presidente Juscelino Kubitschek em 1958. De acordo com Carneiro *et al.* (2016), o primeiro TPS foi projetado pelo arquiteto Artur Mesquita.

Ainda, segundo a ANAC (2018), o SBRF encontra-se inteiramente integrado na zona

urbana da Região Metropolitana do Recife que agrupa outros elementos importantes como a Refinaria Abreu e Lima e o Complexo Industrial e Portuário de Suape. O Parque Nacional dos Guararapes fica localizado nas imediações do aeroporto. Outros importantes pontos turísticos a exemplo da praia de Boa Viagem e o centro histórico da cidade ficam próximos ao empreendimento, distantes cerca de 2,4 km e 12 km respectivamente.

Conforme Barcelos (2018), a partir de 1974, o SBRF passou a ser administrado pela INFRAERO no qual atuou com o desenvolvimento de novos projetos, reformas e ampliações do Aeroporto dos Guararapes. De acordo com Alcoforado (1993), em setembro de 1980 foi dado início a ampliação da PPD e reforçada a capacidade de suporte do trecho existente da pista e do pátio de manobras de aviões, garantindo operações de aeronaves de grande porte utilizadas naquela época. Além disso, a autora verificou que entre 1982 e 1983 o TPS foi ampliado para consentir maior conforto aos usuários e melhor qualidade operacional.

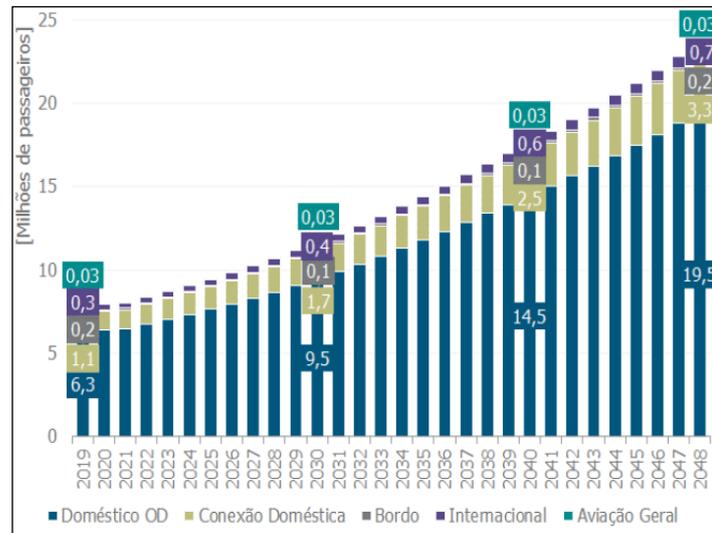
Para Vasconcellos (2002), a ampliação realizada nos anos 1980 além de expandir a capacidade de operação do aeroporto teve como objetivo principal sua reestruturação quanto aos procedimentos de segurança. Foi implantado um controle rigoroso de acesso entre as áreas públicas e as operacionais de embarque e desembarque.

No início dos anos 2000, o SBRF sofreu uma expressiva ampliação com a construção de um novo TPS, de arquitetura moderna, e intervenções significativas no sistema de pátio e pista. A Lei nº 10.361 de 27 de dezembro de 2001, alterou o seu nome para Aeroporto Internacional do Recife Guararapes – Gilberto Freyre.

Para a Copa do Mundo de 2014, o aeroporto recebeu novos investimentos com a remodelação e ampliação do TPS chegando a 56.000 m² de área construída com algumas características sustentáveis a exemplo do uso da iluminação natural e sensores de presença para ativação da iluminação elétrica, sistema de captação e reaproveitamento de águas condensadas, central de resíduos sólidos, sistema de esgoto à vácuo que reduz o uso de água, tratamento dos efluentes e o foi um dos primeiros aeroportos brasileiros a implantar uma planta de cogeração de energia (SCHEIDT, 2010).

Segundo a ANAC (2018), o SBRF concentrava, antes da pandemia de COVID-19, voos regulares para 24 destinos domésticos e 9 destinos internacionais. A Figura 6 representa a projeção de passageiros totais em SBRF, por tipo de fluxo, sem considerar os efeitos da pandemia de COVID-19, ao longo do período da concessão. A previsão estimada era que SBRF apresentasse um crescimento médio anual próximo de 4% a.a., o que representa uma variação superior a 300% em movimentação de passageiros em 30 anos.

Figura 6 - Previsão de passageiros para o Aeroporto do Recife até o ano de 2048



Fonte: ANAC (2018).

Atualmente, conforme informações do Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea (2023), SBRF é o 7º aeroporto mais movimentado do Brasil. De acordo com o PEA, o SBRF deverá ser ampliado e remodelado de forma que seja capaz de processar no final de 2023 em pelo menos:

- 1.891 passageiros domésticos em hora pico durante o embarque;
- 1.845 passageiros domésticos em hora pico durante o desembarque;
- 455 passageiros internacionais em hora pico durante o embarque;
- 345 passageiros internacionais na hora pico durante o desembarque.

O TPS precisará considerar as melhores práticas nacionais e internacionais de edificações análogas, de maneira que essas intervenções respeitem as particularidades locais e com incorporação dos princípios de sustentabilidade; eficiência energética e minimização dos impactos ambientais; bem como garantindo aos usuários conforto térmico, acústico, luminoso e ergonômico. Essas obrigações contratuais estão aderentes às recomendações do *Sustainable Airport Manual*, publicado pelo CDA (2020), que sugere um modelo de classificação de sustentabilidade em todas as fases de um aeroporto, inclusive de projetos e construção, por pontuação denominado *Green Airplane Certification* conforme é identificadas práticas alinhadas às diretrizes da sustentabilidade.

O contrato entre a atual concessionária e a ANAC, ainda, determina que o pátio de aeronaves seja ampliado para estacionar, pelo menos, de forma simultânea e independente 27

aeronaves. Para garantir maior segurança no processamento de pousos e decolagens um sistema de *Runway End Safety Area (RESA)* foi implantado nas cabeceiras e o reposicionamento dos equipamentos de auxílio à navegação, de modo a não ferir a superfície de transição conforme regulamenta as Portarias nº 957/GC3, de 9 de julho de 2015 e nº 1.424/GC3, de 14 de dezembro de 2020, está em andamento. A Figura 7 ilustra a condição predecessora das obras de SBRF, extraída do *Google Earth* referente a julho de 2019.

Figura 7 - Vista aérea do Aeroporto do Recife referente ao ano de 2019



Fonte: Google Earth (2023).

A Figura 8 apresenta uma recente (abril de 2023) vista de satélite do sítio aeroportuário em estudo com a sobre projeção das áreas que possuem interferências *Landside* e *Airside* das obras em andamento. No sistema de pátios e pistas, diversas melhorias já foram concluídas como a declividade do acostamento da PPD, nivelamento da faixa preparada, relocação das cabeceiras. O TPS vem sendo contemplado com a ampliação dos componentes operacionais, adequação do sistema de proteção e combate a incêndio, entre outras benfeitorias.

Figura 8 - Vista aérea com a sobreposição das intervenções previstas para o Aeroporto do Recife



Fonte: O Autor, adaptado de *Google Earth* (2023).

2.2 A LEGISLAÇÃO AMBIENTAL APLICADA ÀS OBRAS AEROPORTUÁRIAS

A construção e ampliação de um aeroporto precisa atender a legislação ambiental vigente em todas as esferas. Scheidt (2010) considera que o projeto de um aeroporto é uma atividade muito complexa e multidisciplinar, já que depende de uma legislação e normativa ampla além de envolver interventores de diferentes esferas e particularidades. De acordo com o PMI (2016), a legislação ambiental deve ser aplicada a toda obra civil, independentemente da área de aplicação, inclusive na construção e reforma de aeroportos.

O PAN determina que a construção e a ampliação de aeroportos devem respeitar as leis e condicionantes ambientais. Nesse contexto, a Política Ambiental da INFRAERO (2018), adverte que as obras aeroportuárias necessitam estar compatibilizadas com a legislação ambiental. Além disso, os projetos de expansão aeroportuária devem propor alternativas e procedimentos voltados ao uso eficiente e sustentável dos recursos naturais durante a construção e operação de um aeroporto.

Recentemente a ANAC publicou a Instrução Normativa n° 188, de 27 de março de 2023 aprovando sua Política de Atuação Ambiental, que instituiu o seu Comitê Ambiental e a Rede Ambiental da Aviação. O respectivo ato tem o objetivo de buscar mitigar o impacto ambiental na aviação civil, no meio ambiente, entre outros elementos, ao uso sustentável da infraestrutura aeroportuária. Além disso, descreve as diretrizes ambientais, de governança e da gestão do conhecimento que o setor aéreo deve seguir em detrimento com os compromissos assumidos no âmbito da ICAO.

Segundo o MINFRA (2021) a construção e ampliação de um aeroporto precisa atender a legislação ambiental vigente e possui como premissa antecessora ao início, a construção de um diagnóstico que caracterize a situação ambiental do empreendimento e de sua área de influência. Esse estudo deve indicar os aspectos abióticos, bióticos e antrópicos, além dos passivos ambientais e das licenças vigentes, entre elas, a de operação. Além disso, precisam ser identificadas nas adjacências as unidades de conservação, áreas quilombolas e indígenas e fatores limitativos de uso do solo, advindos de planos municipais.

Toda obra, inclusive as obras aeroportuárias, deve atender a Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981, que dispõe sobre a preservação e conservação das estações ecológicas e das áreas de proteção ambiental. A Lei nº 6.938/1981 (BRASIL, 1981) conhecida como Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) considera que os aeroportos são atividades de alto potencial poluidor e estabelece como seu terceiro instrumento a necessidade da Avaliação de Impactos Ambientais. A Resolução CONAMA nº 01/1986, avalia que as obras de infraestrutura aeroportuária são consideradas modificadoras do meio ambiente, pois geram significativos impactos ambientais.

De acordo com o artigo 225 da Constituição Federal de 1988, “todos têm direito a um meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”.

Conforme a Resolução CONAMA nº 237/1997 é obrigatório que toda obra só seja executada após a emissão do licenciamento ambiental. De acordo com a Lei de Crimes Ambientais nº 9.605/1998 é considerado crime ambiental qualquer atividade de construção ou reforma que não disponha de licença ambiental. Segundo Scheidt (2010) o processo de licenciamento ambiental para a construção de um aeroporto é composto por três etapas diferentes: Licença Prévia, Licença de Instalação e Licença de Operação e elas são regulamentadas pela PNMA. Cangussu *et al.* (2022) afirmam que devido aos impactos ambientais causados pela construção civil, as construtoras têm enfrentado uma grande dificuldade de obtenção da licença ambiental; que por sua vez impacta nos custos e prazo final dos projetos.

O Estatuto das Cidades, Lei nº 10.257 de 27 de julho de 2001, tem o objetivo de garantir a qualidade de vida da população que reside no meio urbano em relação à instalação de empreendimentos que podem gerar impactos ambientais a sua vizinhança. Logo, toda obra aeroportuária deve seguir essa legislação e realizar o Estudo de Impacto de Vizinhança de modo que seja promovida o bem-estar da comunidade adjacente ao empreendimento. Além disso,

esse tipo de obra deve estar aderente à PNRS (2010) e ao Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PLANARES, 2022).

A Resolução CONAMA nº 307/2002 estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, classificando-os em classe A (são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como areia e brita), classe B (são os resíduos recicláveis para diferentes destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros), classe C (são os resíduos que ainda não foram desenvolvidos procedimentos ou aproveitamentos financeiramente viáveis que admitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso) e classe D (são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros).

A respectiva Resolução, ainda determina que os geradores deverão ter como objetivo primário a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final. Além disso, recomenda que os municípios elaborem o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil juntamente com o Programa Municipal de Gerenciamento da Construção Civil.

Conforme a Resolução CONAMA nº 371/2006, a implantação de empreendimentos de significativo impacto ambiental, a exemplo dos aeroportos, deve realizar uma compensação ambiental decorrente dos impactos causados. Essa compensação deverá ponderar os critérios de proximidade das unidades de conservação impactadas pela construção, a extensão, sua vulnerabilidade e infraestrutura disponível. Logo, toda e qualquer obra aeroportuária deve evitar ferir a legislação ambiental, garantindo a preservação do meio ambiente e consequentemente ser penalizada conforme prevê o Decreto nº 6.514, de 22 de julho de 2008 (infrações e sanções administrativas ao meio ambiente).

A PNRS (2010) foi instituída pela Lei nº 12.305/2010 diz respeito ao gerenciamento dos resíduos sólidos e determina as responsabilidades do gerador, bem como a do poder público. De acordo com a lei, as empresas de construção civil estão sujeitas a emissão de um plano de gerenciamento dos resíduos sólidos gerados em suas obras. E classifica que os resíduos de construção são aqueles “gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis”.

A Lei Complementar nº 140/2011 determina que a União, Estados e Municípios devem proteger as paisagens naturais, o meio ambiente, combater a poluição e a preservação das florestas, fauna e flora. Dessa forma, a respectiva legislação deve ser cumprida a fim de mitigar

os potenciais danos ambientais oriundos da construção de um aeroporto. Pois, conforme já sinalizado por Edwards (2005), uma obra e a operação aeroportuária são responsáveis por um grande impacto nas paisagens naturais e no meio ambiente.

As obras aeroportuárias devem cumprir as diretrizes do Código Florestal Brasileiro, Lei nº 12.651/2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e das áreas de preservação permanentes. Caso seja preciso realizar supressão vegetal para a construção de um aeroporto, deve-se atentar aos critérios preconizados por essa normativa, bem como a sua compensação ambiental e comprovação perante os órgãos fiscalizadores sobre a origem do recurso florestal utilizado.

Toda obra que consome madeiras ou demanda de supressão vegetal deverá atender a Instrução Normativa nº 21, de 24 de dezembro de 2014 do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). De acordo com a Resolução CONAMA nº 469/2015, é obrigatório a logística reversa das embalagens de tintas aplicadas nas obras de construção civil. Esse processo está alinhado aos requisitos da Lei nº 12.305/2010 que, também, determina a destinação ambientalmente correta desses resíduos.

Conforme descrito na Resolução CONAMA nº 470/2015, específica para o setor aeroportuário, a implantação ou reforma de um aeroporto deve levantar informações referentes ao diagnóstico ambiental, onde ele deve refletir a dinâmica ambiental das áreas de alcance dos sítios aeroportuários. A descrição dos fatores ambientais precisa promover a identificação e avaliação dos impactos ambientais resultantes do empreendimento de modo a possibilitar a gestão ambiental dele. Além disso, é fundamental estabelecer o prognóstico ambiental da construção, reforma e ampliação de um aeroporto.

O Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022, regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a PNRS e apresenta as diretrizes aplicáveis e dos planos (nacional, estaduais e municipais) à gestão dos resíduos sólidos e a responsabilidade dos geradores e do poder público. A respectiva legislação apresenta os parâmetros e as metas para a coleta seletiva, bem como os objetivos e a forma de implantação da logística reversa e do Programa Nacional de Logística Reversa.

O recente Decreto nº 11.043, de 13 de abril de 2022 aprovou o PLANARES (2022) que define as diretrizes, metas, projetos, programas e ações voltadas à concretização dos objetivos da PNRS (2010) para os próximos 20 anos. O documento objetiva estabelecer a maneira como os setores privado e público precisam tratar os resíduos e determina como meta o aumento de 25% da reciclagem dos resíduos da construção civil no Brasil até o ano de 2040. Além disso, apresenta como diretrizes a eliminação das áreas de disposição final inadequada e o aumento

da reciclagem dos resíduos da construção civil.

O Decreto nº 11.044, de 13 de abril de 2022 instituiu o certificado de crédito de reciclagem denominado Recicla+, que busca reforçar a implementação da política reversa no território brasileiro. Dentre os vários objetivos dessa legislação, pode-se destacar; “adotar medidas para a não geração e para redução da geração de resíduos sólidos e do desperdício de materiais no ciclo de vida dos produtos” e “promover o aproveitamento de resíduos sólidos e o seu direcionamento para a sua cadeia produtiva ou para outras cadeias produtivas ou formas de recuperação energética”. Além disso, a normativa fomenta o uso de insumos de menores impactos ambientais e incentiva a produção de materiais reciclados e recicláveis.

Um aeroporto precisa atender as normativas e regulamentações da ANAC, do DECEA e de órgãos internacionais como o ICAO. Para o MINFRA (2021) o desenvolvimento do projeto de um aeroporto deve considerar as diretrizes ambientais de modo a controlar e mitigar os possíveis impactos a serem gerados. Além disso, é importante que a especificação técnica desses documentos aborde os critérios mínimos de sustentabilidade.

Agopyan e John (2016) reforçam que toda construção deve seguir as normativas técnicas vigentes, os códigos de obras e os planos diretores municipais e as políticas públicas de cada localidade onde será implantada. Os autores destacam que esse processo envolve recursos ambientais, econômicos e provocam impactos sociais aos cidadãos, empresas e órgãos públicos governamentais, e não somente aos seus usuários finais. O que carece de uma visão holística e sustentável das soluções a serem tomadas durante as fases de concepção e planejamento de uma obra.

No âmbito estadual, a respectiva obra do SBRF precisa atender o Capítulo IV da Constituição do Estado de Pernambuco (1989) e as legislações relacionadas a seguir:

- Decreto do Executivo nº 23.941/2002 que regulamenta a Lei nº 12.008, de 1º de junho de 2001, que dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos, e dá outras providências.
- Lei Ordinária nº 12.984/2005 que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências.
- Lei Ordinária nº 14.236/2010 que dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos, e dá outras providências.
- Lei Ordinária nº 14.249/2010 que dispõe sobre licenciamento ambiental, infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, e dá outras providências.

- Lei Ordinária nº 14.549/2011 que altera a Lei nº 14.249, de 17 de dezembro de 2010, que dispõe sobre licenciamento ambiental, infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, e dá outras providências.
- Lei Ordinária nº 15.652/2015 que altera a Lei nº 11.206, de 31 de março de 1995, que dispõe sobre a política florestal do Estado de Pernambuco.
- Resolução CONSEMA (Conselho Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco) nº 01, de 19 de outubro de 2018 que dispõe sobre as tipologias consideradas de impacto local para fins de licenciamento ambiental municipal, conforme previsto no artigo 9º, inciso XIV, alínea “a” da Lei Complementar nº 140, de 08 de dezembro de 2011, e dá outras providências.
- Lei Ordinária nº 16.781/2019 que institui procedimento especial de licenciamento ambiental para obras decorrentes de projetos estratégicos estruturadores para o Estado de Pernambuco.
- Lei Ordinária nº 17.672/2022 que altera a Lei nº 11.427, de 17 de janeiro de 1997, que dispõe sobre a conservação e a proteção das águas subterrâneas no Estado de Pernambuco e dá outras providências, e a Lei nº 14.249, de 17 de dezembro de 2010, que dispõe sobre licenciamento ambiental, infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, e dá outras providências, para regulamentar a questão da água bruta.

Além das legislações apresentadas acima, a obra do SBRF deve atender as orientações do Plano de Resíduos Sólidos – Região de Desenvolvimento Metropolitano de Pernambuco (PERNAMBUCO, 2018).

No caso específico de SBRF, a obra deve seguir as diretrizes de algumas leis municipais conforme relacionadas no Quadro 11.

Quadro 11 - Leis ambientais expedidas pelo Município do Recife

Legislação	Descrição
Lei nº 7.427/1961	Código de Urbanismo e Obras
Lei nº 16.176/1996	Lei de Uso e Ocupação do Solo
Lei nº 16.243/1996	Política do Meio Ambiente da Cidade do Recife
Resolução do CDU nº 03/1996	Memorial Justificativo de Impacto
Lei nº 16.289/1997	Altera a Seção III do Capítulo III da Lei 16.176/1996.
Lei nº 16.292/1997	Regula as Atividades de Edificações e Instalações

Legislação	Descrição
Lei nº 16.890/2003	Altera a Seção IV do Capítulo II da Lei 16.292/1997.
Lei nº 17.072/2005	Estabelece Diretrizes e Critérios para o Programa de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil
Decreto nº 27.529/2013	Orientação Prévia para Empreendimento de Impacto
Lei 18.338/2017	Define as Condições de Uso e Ocupação do Solo na Zona Especial do Aeroporto
Lei 18.770/2020	Plano Diretor Municipal
Portaria nº 027/2021	Cumprimento do Art. 154-A do Plano Diretor
Lei Complementar nº 02/2021	Estudo de Impacto à Vizinhança
Decreto nº 35.608/2022	Regulamenta o Licenciamento Ambiental no Âmbito do Município do Recife, define procedimentos para análise das licenças e autorizações. Revoga o Decreto nº 24.540 de 2009

Fonte: O autor (2023).

2.3 GESTÃO AMBIENTAL DE OBRAS AEROPORTUÁRIAS

Um aeroporto impacta a comunidade e o ambiente natural nas adjacências à sua instalação de maneira negativa. Wells e Young (2004) afirmam que esses efeitos são motivados pela própria atividade aeroportuária de pousos e decolagem e da concentração de veículos em direção ao aeroporto, entre outros. Nesse contexto, Ashford *et al.* (2013) afirmam a importância de os operadores aeroportuários possuírem um robusto entendimento dos princípios de gestão ambiental em nível estratégico e operacional.

Conforme o PMI (2016), a gestão ambiental deve ser aplicada em todos os aspectos na construção civil, inclusive nas obras aeroportuárias. Ainda de acordo com a entidade, essa gestão resulta na abordagem dos requisitos da legislação ambiental vigente, das especificações e requisitos definidos pelos clientes e da cultura ambiental da empresa construtora. Esses elementos interagem entre si, bem como com outros processos multidisciplinares de modo a atender as partes interessadas.

Para vários autores e entidades governamentais a exemplo de Edwards (2005), Caves e Gosling (2013), Young e Wells (2014), FAA (2015), ACI (2018), ANAC (2019), IATA (2019a), Vitorino *et al.* (2020) e do MINFRA (2021) essa concepção ambiental se faz necessária desde a fase de estudo de demanda e capacidade, que antecede a elaboração dos projetos e

consequentemente da sua construção e operação.

2.3.1 Sustentabilidade ambiental em obras aeroportuárias

Conforme o PAN (ANAC, 2018), a construção e ampliação de um aeroporto é uma atividade sucessora de um planejamento de gestão ambiental. Pois, os múltiplos stakeholders envolvidos nas atividades de implantação, expansão e das obras de infraestrutura aeroportuária precisam considerar os impactos negativos devido ao ruído e as restrições ao uso do solo em torno da vizinhança de um aeródromo. Esse processo está de acordo com a Resolução CONAMA 01/1986 que determina que o impacto ambiental seja previsto na fase de projeto e de planejamento do empreendimento.

De acordo com o CDA (2020), não é muito comum orientações e classificações sustentáveis para obras de infraestruturas aeroportuárias. A entidade destaca que a especificação e aplicação de materiais e sistemas sustentáveis durante a construção de um aeroporto tende a reduzir os custos durante a fase de operação. Além disso, o órgão recomenda a reutilização dos materiais e a reciclagem dos resíduos gerados pela reforma, ampliação e construção de um aeroporto.

Ainda baseado no CDA (2020), esses elementos contribuem para a economia dos custos de materiais, em especial pela oportunidade de reciclagem dos materiais no próprio canteiro de obras, principalmente dos agregados e dos materiais de pavimentação. O órgão sugere que ao menos 10% dos agregados utilizados para a remodelação e ampliação de um aeroporto devem ser oriundos dos resíduos de demolição da obra. Esse processo reduz a demanda de extração de materiais das jazidas naturais e consequentemente dos aspectos impactos ambientais associados no processo de extração e transporte da matéria prima.

De acordo com a CBIC (2022), o potencial de reciclagem dos resíduos de construção e demolição chega a 95%, entretanto o Brasil recicla somente 30% dos resíduos gerados nos canteiros de obras.

A Política Nacional de Aviação Civil (PNAC) de 2009 salienta a necessidade da preservação e manutenção do meio ambiente, além de estabelecer o cumprimento de acordos internacionais no segmento ambiental. Para Young e Wells (2014) a sustentabilidade ambiental é um dos pontos que a gestão aeroportuária deverá despender e concentrar grandes esforços ao longo dos próximos anos, sempre buscando soluções operacionais para minimizar o consumo de combustíveis fósseis, a conservação de energia e de recursos naturais nos aeroportos.

O PAN (ANAC, 2018) converge com a PNAC (2009), pois estabelece que as políticas e os instrumentos de planejamento da expansão aeroportuária no Brasil levem em consideração a preocupação com o meio ambiente de modo a garantir o crescimento sustentável do setor. Além disso, determina que as questões ambientais estejam interligadas às estratégias de desenvolvimento no âmbito da aviação como um todo.

Conforme Wan *et al.* (2020), embora o conceito de desenvolvimento sustentável tenha alcançado resultados positivos em muitos campos, não há uma teoria definida e unificada para avaliação da sustentabilidade aeroportuária. Greer *et al.* (2020) verificaram que o interesse em sustentabilidade ambiental aeroportuária vem crescendo ao longo do tempo, entretanto os autores identificaram que os métodos utilizados na avaliação são variáveis. Ainda de acordo com o estudo desenvolvido por Wan *et al.* (2020) há várias pesquisas relevantes, no âmbito da sustentabilidade em aeroportos, propostas por instituições como o ACI, FAA, CDA.

A Política Ambiental da INFRAERO, publicada em 2018, relaciona as diretrizes ambientais a serem adotadas em seus aeroportos. A seguir estão listadas as principais diretrizes ambientais da empresa: licenciamento ambiental regular; gestão dos resíduos líquidos e sólidos; priorização na aquisição de bens, serviços e produtos com critérios de sustentabilidade ambiental; consumo eficiente e proteção dos recursos hídricos; realização de ações de forma a proteger a qualidade do solo; busca de meios para gerenciar as áreas verdes, as restrições operacionais e a manutenção dessas áreas; consumo eficiente da energia; ações voltadas para a educação ambiental; busca e manutenção da conformidade com as exigências legais, organizacionais e sociais, em matéria ambiental.

Muller *et al.* (2019) afirmaram que a sustentabilidade na indústria da construção civil deve ser analisada em todo o ciclo de vida do edifício. O estudo propõe o uso do BIM (*Building Information Modeling*) para a gestão desse processo, desde o projeto e construção, passando pela operação e manutenção até à demolição. Além disso, os autores afirmam que uma eficiente alimentação da ferramenta ao longo da vida útil da edificação permitirá uma melhor gestão da sustentabilidade.

Para o CDA (2020), os investimentos em técnicas de construção sustentáveis em projetos aeroportuários beneficiam todas as partes interessadas. O órgão verificou, que em muitos casos, o impacto financeiro e no cronograma da obra é insignificante; visto que a adoção de técnicas sustentáveis como a reciclagem e reutilização dos materiais reduz o custo de transporte e do consumo de materiais naturais. Além disso, a entidade recomenda que seja feito um gerenciamento da energia consumida durante a fase de obras de um aeroporto de modo a buscar maior racionalidade ambiental e sugere o uso preferencial da energia solar ou eólica.

2.3.2 Boas práticas de gestão ambiental em aeroportos

O uso de boas práticas de gestão ambiental tem sido cada vez mais corriqueiro nos mais diversos segmentos econômicos, no setor aéreo não é diferente, principalmente nos aeroportos a nível mundial. Conforme o ACI (2021), é obrigação dos aeroportos maximizar os pontos positivos socioeconômicos e minimizar os danos ao meio ambiente. A entidade afirma que os aeroportos estão se empenhando para desfrutarem de um futuro cada vez mais sustentável e estão envolvidos no desenvolvimento de tecnologias como as fontes alternativas de energia a exemplo do hidrogênio verde.

A Aena Brasil, responsável pela administração de SBRF e de mais 16 aeroportos no Brasil, publicou a sua Política de Sustentabilidade em 2021. O respectivo documento estabelece como objeto a definição dos princípios, compromissos, objetivos e estratégias para operação de seus aeroportos de maneira sustentável de acordo com os 17 ODS propostos pela ONU (2015). Além disso, a concessionária informa que possui uma Comissão Interna de Sustentabilidade e Ação Climática que é responsável pela supervisão e controle das questões ambientais.

Kim e Son (2021) constataram uma maior concentração de pesquisas ambientais na indústria da aviação nos Estados Unidos, Europa e China. Embora, os autores averiguaram uma melhoria na África, Oriente Médio e América Latina respectivamente. Segundo Greer *et al.* (2020) as viagens aéreas são responsáveis por 2,5% das emissões globais GEE e essa estimativa não considera a operação nem a construção dos aeroportos.

De acordo com o PMI (2016), é uma boa prática estabelecer planos de gestão ambiental e de resposta à emergência ambiental em aeroportos, desde a sua construção, operação e desativação. A entidade recomenda que esses documentos devam atribuir minimamente a responsabilidade de cada envolvido no processo, a matriz de comunicação, as ações para mitigar os possíveis danos ambientais como exemplo: da descarga de material contaminado em cursos d'água, que tem alto potencial de contaminar esse recurso hídrico. Conforme Jenkins (2020) é responsabilidade dos governantes regulamentar os processos de monitoramento e avaliação ambiental.

Young e Wells (2014) afirmam que os governos e a iniciativa privada têm buscado cada vez mais aumentar as boas práticas de gestão ambiental na aviação, mesmo com os desafios econômicos existentes. Eles sinalizam que as concepções de projetos aeroportuários têm procurado minimizar o consumo de energia de modo a se tornarem mais eficientes em questões energéticas. Além disso, tem se tornado uma prática corriqueira a gestão dos resíduos e a coleta

e reutilização de águas pluviais.

O CDA (2020) recomenda a gestão e o uso das águas pluviais de modo a reduzir o volume de escoamento sobre os pavimentos, garantindo assim maior segurança durante o processamento de aeronaves. Também faz menção da construção de cisternas para armazenamento de águas de chuva para irrigação da terra e da vegetação durante os períodos de estiagem. Além disso, considera que os reservatórios melhoram a qualidade da água devido a decantação dos sedimentos, que periodicamente devem ser retirados.

Silva (2017) analisou a viabilidade da captação de águas pluviais para lavagem de aeronaves. A autora percebeu que o uso de água de chuva reduz o consumo de água convencional e de energia elétrica, que por sua vez, diminui a emissão de CO₂ e consequentemente contribui com a preservação dos recursos hídricos e energéticos, cooperando com a sustentabilidade dos recursos naturais. Além disso, o estudo concluiu que além dos benefícios ambientais que o aproveitamento de água de chuva proporciona ao meio ambiente, também há um retorno econômico ao se implantar o sistema analisado.

Conforme Greer *et al.* (2020) o uso de energia de baixa emissão e a eletrificação dos veículos terrestres e dos equipamentos de portão são práticas eficazes que colaboram para que os aeroportos avancem rumo à sustentabilidade. Jenkins (2020) afirma que o desenvolvimento sustentável exige uma ação proativa dos governantes para atingir os resultados almejados. O autor considera necessário que seja desenvolvida uma gestão baseada em estratégias ambientais, bem como o emprego de auditorias independentes que garantam o cumprimento das metas.

Desde 2019 a ANAC (2019) promove o desenvolvimento sustentável do setor aéreo brasileiro por meio do projeto Aeródromos Sustentáveis, difundindo boas práticas de gestão ambiental e reconhecimento de ações proativas relacionadas à sustentabilidade das operações aéreas. A primeira edição do projeto ocorreu em 2019 e o SBRF ficou na sétima colocação entre 23 aeroportos participantes (ANAC, 2020). No último concurso, o SBRF ficou na oitava posição, atendendo a 77,64% dos critérios avaliados pela ANAC (2022c). Vale destacar, que após a conclusão das obras previstas no PEA há uma tendência que o SBRF melhore a sua colocação visto que há intervenções de cunho sustentável ainda em andamento como as ampliações e adequações da estação de tratamento de esgoto e da central de resíduos.

De acordo com o CDA (2020) são consideradas boas práticas de gestão ambiental em aeroportos oferta de transportes alternativos para que a comunidade aeroportuária e os usuários possam chegar e sair de aeroportos em ciclovias e estações de transportes grupais a exemplo de ônibus e trens. A disponibilização de pontos de carregamento para os veículos elétricos e de

vagas de estacionamento exclusivas para veículos receptivos de passageiros são consideradas boas práticas, já que essas reduzem o fluxo de veículos e conseqüentemente a emissão de poluentes e consumo de derivados de petróleo.

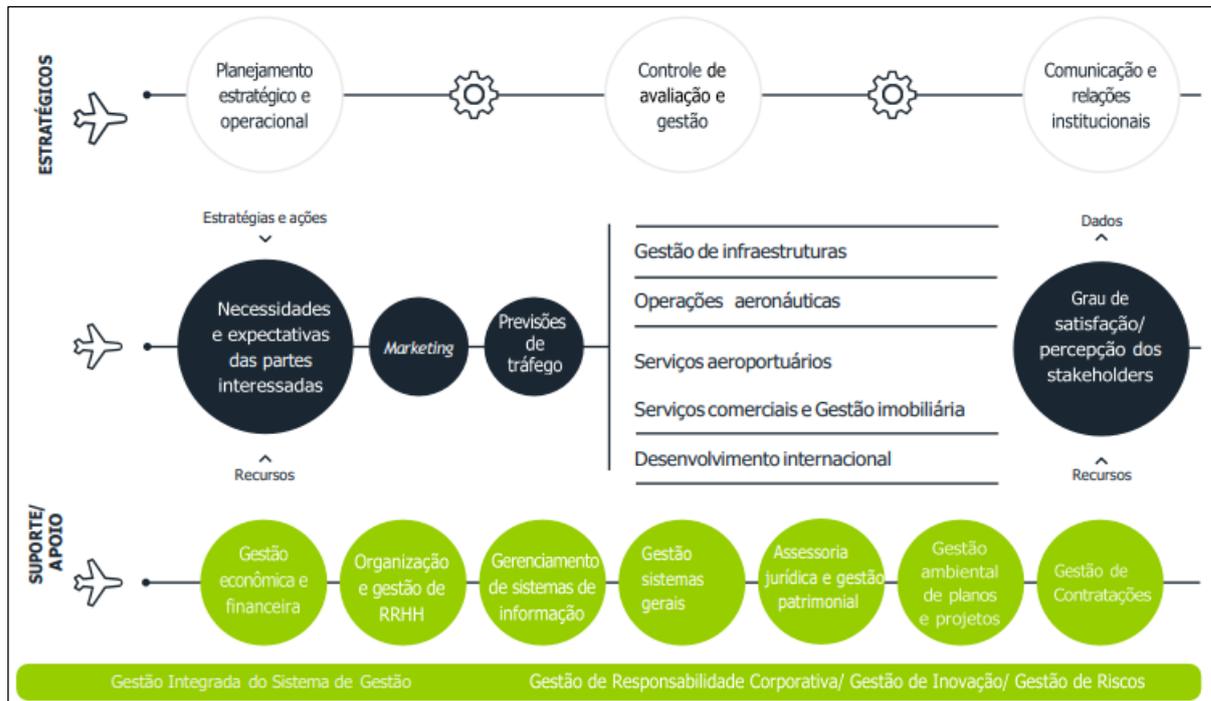
Ainda baseado no CDA (2020), a reutilização e adequação dos equipamentos existentes (pontes de embarque, esteiras de despachos e restituição de bagagens, elevadores, escadas rolantes, entre outros) em um aeroporto em expansão é uma prática sustentável. Pois, reduz a necessidade de extrair da natureza os recursos para a fabricação de um novo e esse processo é responsável pela mitigação da geração de resíduos; visto que na maioria das vezes esses dispositivos são confeccionados sob medidas o que dificulta o seu reaproveitamento em outros aeroportos. Além disso, esse reuso diminui os impactos associados ao consumo de materiais naturais bem como a eliminação de grandes movimentações logísticas e a combustão de derivados de petróleo.

Baxter *et al.* (2018a) verificaram que a gestão dos resíduos é um dos desafios enfrentados pela administração aeroportuária. O estudo identificou que os impactos ambientais, causados por esses rejeitos, têm sido mitigados pelos aeroportos por meio do uso das regulamentações legais e da implantação de procedimentos e políticas de tratamento sustentável dos resíduos. Os autores notaram que, entre os anos 2002 e 2015, o aeroporto japonês de *Kansai* exibiu um expressivo avanço na reciclagem dos resíduos devido a prática de metodologias sustentáveis que podem ser incorporadas para outros complexos aeroportuários.

A qualidade do ar no interior dos TPS`s possui um papel inquestionável, pois interfere diretamente na preservação da saúde da comunidade aeroportuária, de seus usuários e fornecedores. Zanni *et al.* (2018) pesquisaram sobre essa temática e identificaram que o aeroporto italiano de Bolonha realiza, em tempo real, o monitoramento da qualidade do ar de seu terminal. Os autores concluíram que o exercício de gestão do ar melhorou a sustentabilidade ambiental e econômica.

Conforme informações disponibilizadas pela Aena Brasil (2023), a empresa desenvolve em seus 17 aeroportos, incluindo SBRF, o compromisso ambiental com a sustentabilidade e a proteção ao meio ambiente através da gestão de ruídos aeronáuticos, eficiência energética, uso de energia renovável e redução das emissões de GEE. A concessionária dispõe de um canal de reclamação ambiental, onde é possível conhecer os impactos negativos oriundos da sua operação para o desenvolvimento de ações e estratégias para prevenção e correção. A Figura 9 ilustra a interação de processos do Sistema de Gestão Integrada de Qualidade e Meio Ambiente da administradora aeroportuária.

Figura 9 - Interação dos processos de Gestão Integrada de Qualidade e Meio Ambiente da Aena



Fonte: Aena Brasil (2023).

2.3.3 Indicadores de sustentabilidade ambiental em obras aeroportuárias

Os indicadores de sustentabilidade ambiental são considerados um grande aliado para a realização da gestão ambiental nos canteiros de obras aeroportuárias. Philippi Jr e Malheiros (2013) consideram que os indicadores de sustentabilidade possuem grande relevância no processo de análise, avaliação e tomada de decisão pelos *stakeholders*. Bellen (2018) considera que os indicadores de sustentabilidade foram desenvolvidos para como uma ferramenta de avaliação e aferição do desenvolvimento sustentável. Sánchez (2020) afirma que os indicadores ambientais representam os parâmetros e os processos ambientais das condições em que o meio ambiente se encontra.

De acordo com Bellen (2018) os indicadores possuem o objetivo de agregar e quantificar dados de forma que seu valor se torne mais aparente, já que simplifica informações pertinentes a complexos fenômenos, aprimorando o processo de entendimento. Para o autor a utilização e aceitação de um indicador é essencial que ele seja compreensível, pois são meios de comunicação e toda maneira de conversação demanda de entendimento entre os envolvidos no contexto. Além disso, o estudo considera que todo e qualquer indicador seja o mais transparente possível e seus usufrutuários carecem serem provocados a compreender a sua definição,

significância e valores.

Dutra (2017) afirma que o procedimento de triagem dos indicadores precisa refletir o sentido das informações, de maneira original, contentando a propriedade da seleção breve e de relevância dos resultados. A autora, ainda, informa que existem múltiplas dimensões de aplicação de indicadores de sustentabilidade, sendo constatado que há uma priorização da dimensão ambiental. Também foi verificado pela pesquisadora a utilização de indicadores das dimensões sociais e econômicas, o que forma o tripé que está relacionado ao conceito de desenvolvimento sustentável.

Ainda de acordo com Dutra (2017), a dimensão institucional também é muito utilizada principalmente pela facilidade de acesso aos dados disponibilizados pelos *stakeholders*. De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2023), os indicadores ambientais são elementos consolidados que contribuem para o desenvolvimento de um planejamento ambiental. O órgão pondera que a interpretação e o uso de maneira adequada desses instrumentos fortalecem as tomadas de decisões no âmbito ambiental.

Baseado nos estudos realizados por Vechi *et al.* (2016), a associação de indicadores de sustentabilidade na construção civil aos aspectos ambientais pode auxiliar na estimativa de impactos ambientais e principalmente na eficácia das medidas de controle. Senger e Tavares (2016) realizaram um estudo bibliométrico e identificaram que a construção civil apresenta uma tendência de priorização dos indicadores que mensuram análise do ciclo de vida das edificações; o carbono incorporado; a energia incorporada; o desperdício de materiais e a geração de resíduos; a emissão de gases do efeito estufa por esse segmento econômico.

Conforme Fernandes *et al.* (2020) esse setor tem utilizado, cada vez mais, os indicadores ambientais como mecanismo de mitigação dos impactos adversos oriundos da sua cadeia produtiva. De acordo com Carvalho *et al.* (2020), os indicadores de sustentabilidade ambiental é um assunto que tem despertado interesse do setor da construção civil no Brasil e no mundo. Para os autores, ainda há muito o que se pesquisar sobre a temática no Brasil de modo a minimizar os impactos ambientais oriundos de uma obra.

O relatório 42 *Sustainable Airport Construction Practices* publicado em 2011 pelo *Airport Cooperative Research Program*, relaciona alguns indicadores de sustentabilidade utilizados para mitigar os danos ambientais durante a fase de construção de um aeroporto. Entre eles, pode-se destacar o consumo de energia, qualidade da água e do ar, geração de resíduos, emissão de gases poluentes, entre outros. Além disso, o documento realça a importância dessa ferramenta de gestão ambiental como alternativa de sempre buscar melhorar as operações de construção; redução dos impactos da obra; beneficiar as comunidades do entorno e a redução

dos custos associados à construção sem comprometer a segurança da mesma.

Magalhães (2017) verificou a minimização dos resíduos de construção civil em 14 projetos de infraestrutura urbana e constatou que os indicadores ambientais auxiliam na tomada de decisões ao se estimar o ciclo de vida da obra. O estudo verificou que a obtenção dos indicadores ambientais ainda na fase de elaboração dos projetos, contribuiu com um sistema de monitoramento das escolhas durante as etapas de desenvolvimento. Além disso, a autora avaliou 49 indicadores de sustentabilidade por meio de uma análise multicritério e calculou a sua ordenação de priorização conforme apresentado no Quadro 12.

Quadro 12 - Ordenação dos indicadores ambientais durante a etapa de concepção de projetos

Indicadores Ambientais para a Etapa de Projetos	Importância Relativa
Nº de mudanças de projeto após o início do processo licitatório/projeto	6,08
% de cumprimento da meta de redução da geração de RCC	5,85
Vol. de resíduos gerados por etapa do cronograma executivo	5,80
Quantidade de detalhamentos de pontos críticos de projeto/área total	5,75
% de tipos de insumo que passaram por ACCV na especificação	5,52
% de investimento necessário para adaptações/valor total da obra	5,40
Vol. de sobras de material de corte na produção ou em manutenção	5,35
Frequência de reuniões entre a equipe de projeto e de execução	5,34
% de índices de perdas conhecidos, pelo projetista/nº total de tipos de materiais	5,14
m ² de retrabalho gerado por complexidade técnica/m ² construído	5,14
Avaliação do layout de canteiro em escala de 1 a 4	5,07
Horas despendidas para correção de falhas por etapa de execução	5,05
Nº de mudanças de projeto antes do início do processo licitatório/projeto	5,03
Vol. de resíduos gerados associados ao fluxo de materiais	4,99
% de ações definidas no PGRCC	4,98
Quantidade de horas de reunião para integração de projeto/semana	4,94
Relação entre vol. de resíduos gerados e vol. de resíduos previsto	4,93
% de desvios no prazo de execução em relação ao previsto no cronograma	4,87
% de desvios na quantificação de materiais classe A na Curva ABC	4,86
Vol. de RCC reaproveitados/vol. total de RCC gerados	4,83
% de ações do PGRCC executadas conforme especificado	4,83
Nº de medições das metas de desempenho do projeto após o prazo/projeto	4,82
Relação entre vol. de solo de escavação e solo de empréstimo	4,82
% de soluções técnicas padronizadas e racionalizadas/total de técnicas	4,73
Frequência de reuniões entre projetistas e analistas ambientais	4,72
Horas dedicadas para apresentação das demandas de projeto à equipe	4,67
% de atendimento, no <i>checklist</i> , das demandas do Programa de Necessidades	4,66
Vol. de materiais reaproveitados na obra/volume de materiais segregados	4,66
Nº de alterações realizadas entre o Projeto Executivo e o Às Built /projeto	4,62
Área de reserva do entorno/Área construída	4,58
Nº de técnicas ambientalmente adequadas empregadas/total de técnicas possíveis	4,52
Emissão de gases do efeito estufa (avaliada através de ACV)	4,49

Indicadores Ambientais para a Etapa de Projetos	Importância Relativa
Vol. de material reciclado ou de reuso empregado/vol. total de resíduos	4,43
% de área de interface entre projetos compatibilizada	4,42
Nº de NCs por falta de registro documental de critérios e decisões/projeto	4,21
Homem-hora de treinamentos ambientais com a equipe de projeto/semestre	4,13
% de atividades de projeto concluídas de acordo com o cronograma	4,11
Vida útil média dos materiais	4,07
Área de interferência no terreno	3,90
(m ² de retrabalho (mão de obra) + m ² de retrabalho (mud.projeto)) /m ² construído	3,82
Nº de alterações entre o layout de canteiro executado e o previsto em projeto	3,73
Concentração média de compostos orgânicos voláteis nos materiais	3,45
Vol. de RCC segregados inadequadamente/vol. total de RCC da classe	3,28
Homem-hora de capacitação da mão de obra de execução/projeto	3,03
Consumo mensal de água observado/consumo mensal previsto	3,01
Distância média de transporte obra-destinação final adequada/projeto	2,96
Distância de transporte fornecedor-obra	2,76
Consumo mensal de energia elétrica observado/consumo mensal previsto	2,73

Fonte: O autor, adaptado de Magalhães (2017).

Sharifi Orkomy e Sharbatdar (2021) pesquisaram indicadores de desenvolvimento sustentável para projetos de construção de aeroportos. O estudo indicou que a dimensão ambiental é uma das mais importantes na implantação de um novo aeroporto. Os indicadores ambientais identificados na pesquisa foram: o efeito ecológico, o consumo de água, a gestão de resíduos, medidas de proteção ambiental no projeto, uso de recursos naturais e o gerenciamento de energia.

Broggio e Serra (2021) realizaram uma análise dos indicadores de sustentabilidade exigidos para certificação ambiental na construção civil. Os autores verificaram que a redução do consumo de energia, água e dos recursos naturais são elementos obrigatórios para obtenção do reconhecimento de cinco diferentes selos verdes presentes no mercado brasileiro. Segundo Marques Filho *et al.* (2021) os indicadores ambientais colaboram para o crescimento sustentável das empresas de construção civil e de toda a sociedade.

De acordo com Gomes (2021) os indicadores de sustentabilidade na construção civil surgiram através de um projeto em cooperação entre o Japão, Estados Unidos, Canadá e Malásia chamado *Construction Related Sustainability Indicators* em meados dos anos 1990. A autora verificou que a proposta inicial foi o desenvolvimento de um esqueleto de indicadores dispostos com base no método Driving – Force – State – Response ou Força Motriz – Estado – Resposta, elaborado pela *Organization for Economic Cooperation and Development* e em categorias/etapas processuais em cinco níveis de abrangência (edifício, urbano, regional, nacional e global). Além disso, esses indicadores necessitam avaliar todo o processo

construtivo; desde a concepção do projeto até o fim da sua vida útil, onde deve-se considerar uma possível demolição e as tratativas de tratamento dela.

Almeida *et al.* (2017) propuseram um sistema de indicadores de desempenho para canteiros de obras sustentáveis a partir da identificação de 721 boas práticas ambientais. Fernandes *et al.* (2020) desenvolveram um estudo piloto para avaliar os impactos ambientais por meio do agrupamento do consumo de água, energia e da geração de resíduos por meio dos indicadores ambientais. Froufe *et al.* (2020) observaram os indicadores de sustentabilidade; consumo de energia, consumo de água e geração de resíduos de construção em 6 construtoras num total de 34 canteiros de obras diversos e concluíram que a construção civil ainda demanda de uma melhor gestão ambiental.

Conforme Oliveira *et al.* (2016) os indicadores ambientais na construção civil são importantes aliados para quantificar os aspectos e impactos ambientais oriundos do setor. Os autores consideram que é possível realizar comparações de maior ou menor sustentabilidade, entre as diversas tecnologias construtivas e os diferentes materiais empregados numa obra, por meio do uso dos indicadores. A escolha da metodologia executiva de uma obra é um importante indicador a ser considerado no desenvolvimento dos projetos e planejamento de execução de uma obra.

Para Agopyan e John (2016), as decisões de projeto como a metodologia construtiva, a especificação de materiais e dos componentes de uma obra são indicadores que influenciam diretamente no consumo de energia, recursos naturais e geração de resíduos de construção e demolição. O uso de elementos pré-fabricados, por exemplo, torna um canteiro de obras enxuto e mais limpo o que difere dos procedimentos tradicionais como a execução de concretagem *in loco* que demanda de um maior número de atividades e funcionários e que por consequência favorece uma maior geração de resíduos e desperdício de materiais.

Borja (2019) verificou que a ausência de indicadores ambientais da construção civil, como o consumo de água e de energia, impede quantificar os impactos ambientais e de realizar um comparativo entre as atividades. O autor propõe a incorporação de indicadores de sustentabilidade nas ferramentas de gestão da construção civil; nas bases de custos dos empreendimentos como a geração de resíduos, emissões de poluentes e consumo de recursos (energia, materiais e água). Belizario-Silva *et al.* (2022) desenvolveram uma ferramenta para agrupar os indicadores ambientais na construção civil brasileira.

Novis (2014) concluiu que há uma necessidade de padronização da medição e monitoramento de indicadores ambientais nos canteiros de obra. O autor considera que isso pode ser promovido pelos sindicatos da construção e principalmente através de um maior

estímulo pelo Governo para que as construtoras atinjam melhores níveis de gestão ambiental ao longo da execução de uma obra civil. Wijewantha e Kulatunga (2022) atribuíram pesos para as fases de um empreendimento de infraestrutura, sendo que a etapa de construção foi a que recebeu o maior percentual por ser aquela que causa maior impacto ambiental frente às demais.

Santos (2020) avaliou os impactos ambientais na construção de um edifício residencial na cidade do Recife-PE e utilizou como parâmetros de avaliação os indicadores a seguir: poluição sonora, qualidade do ar, qualidade da água superficial, qualidade da água subterrânea, contaminação dos solos, erosão dos solos, impactos ecológicos e impactos econômicos. O autor verificou que a contaminação dos solos, a qualidade do ar e os impactos econômicos apresentaram impactos moderados e que a poluição sonora, qualidade do ar e impactos econômicos não apresentaram maiores impactos. Caso essas práticas fossem implementadas na grande maioria dos canteiros de obras, teríamos a oportunidade de desenvolvermos as atividades da construção civil com maior harmonia entre as dimensões ambiental, social e econômica.

Novis (2014) relacionou os principais indicadores ambientais identificados em sua pesquisa e que possuem maior clareza de leitura, facilidade de implantação e monitoramento. Esses indicadores no setor da construção civil estão relacionados, na sua maioria, ao consumo de recursos naturais, geração de resíduos, ocupação do solo e emissão de gases poluentes na atmosfera (Quadro 13).

Quadro 13 - Indicadores ambientais praticados com êxito na construção civil

	Indicador 1	Indicador 2
Consumo de água	m ³ água / trabalhador	m ³ água / m ²
Consumo de energia	kWh energia / trabalhador	kWh energia / m ²
Consumo de materiais	% de materiais provenientes de reciclagem	Quantidade de material utilizado (peso ou volume)
Gestão de resíduos	Reciclados / m ³ de resíduo gerado	m ³ resíduo / trabalhador
Ocupação do solo	% de terrenos que apresentam contaminação	Ações para remediação das contaminações
Emissão de carbono	Kg CO ₂ / m ³	

Fonte: Novis (2014).

Ferreira (2016) desenvolveu um sistema de indicadores de sustentabilidade aplicados por 7 grandes empresas de construção civil europeias que atuam em Portugal. O autor apresentou 72 indicadores, nas mais variadas dimensões e verificou que o método proposto apresenta exequibilidade para ser implantado nas organizações pesquisadas. Dentre os indicadores sugeridos pelo estudo, aqueles que estão relacionados à dimensão ambiental estão representados no Quadro 14.

Quadro 14 - Proposta de indicadores de sustentabilidade na dimensão ambiental

Consumo de energia (MJ / funcionário / ano)
Total de consumos de energia direta discriminado por fonte
Total de consumos de energia indireta discriminado por fonte
Consumo total de energia (MWh ou GJ)
Percentagem do consumo total anual de energia proveniente de fontes de energia renováveis
Consumo total dos diferentes tipos de materiais
Percentagem de materiais reciclados utilizados
Total de produtos reciclados utilizados
Consumo total de água (Litros / funcionário / ano)
Consumo total de água (L ou m ³)
Percentagem e volume total de água reciclada e reutilizada
Área de solo, com alteração de uso, ocupada (m ²)
Total de efluentes discriminados
Redução anual na quantidade de efluentes
Emissões de gases prejudiciais para a camada do ozono
Emissões de gases de efeito de estufa (Ton equivalentes de CO ₂)
Total de emissões na atmosfera
Quantidades significativas de químicos, óleos e combustíveis derramados
Eficiência energética nas construções
Total de resíduos produzidos (Ton)
Total de resíduos tóxicos e perigosos produzidos (Ton)
Percentagem de resíduos reciclada
Eficiência no uso de água na construção
Viagens de negócios (Km/empregado)

Fonte: O autor, adaptado de Ferreira (2016).

Para Azarov *et al.* (2019) é importante que se monitore os indicadores hídricos e sanitários de uma obra, a exemplo das águas residuais da construção, os esgotos sanitários e as águas superficiais nas proximidades do canteiro de obras. Além disso, os autores consideram que outros indicadores sejam controlados sempre que possível, a exemplo do ruído e da poeira gerada na adjacência pela obra, principalmente se estes interferirem diretamente de forma negativa no bem-estar e na qualidade da saúde humana.

Para Marques Filho *et al.* (2021) o monitoramento de indicadores ambientais na indústria da construção civil é gerador de grandes benefícios, como a redução do desperdício dos recursos, a minimização da emissão de poluentes e a geração de notificações dos agentes fiscalizadores. Os autores verificaram que há uma tendência de as empresas construtoras implementarem processos de gestão ambiental, bem como o uso dos indicadores de sustentabilidade para acompanhamento dos índices no âmbito ambiental. Porém, o estudo sinalizou que ainda é preciso que as instituições governamentais estimulem ações para ampliar a racionalidade ambiental das construtoras, em especial, no interior do Brasil.

Para o GBCB (2020) os 17 ODS sugeridos pela ONU (2015) contribuem para que a construção civil se torne mais sustentável. A instituição elenca vários ODS, como os ODS's 3, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 15 e 17 e pondera a importância de cada um para contribuir com a

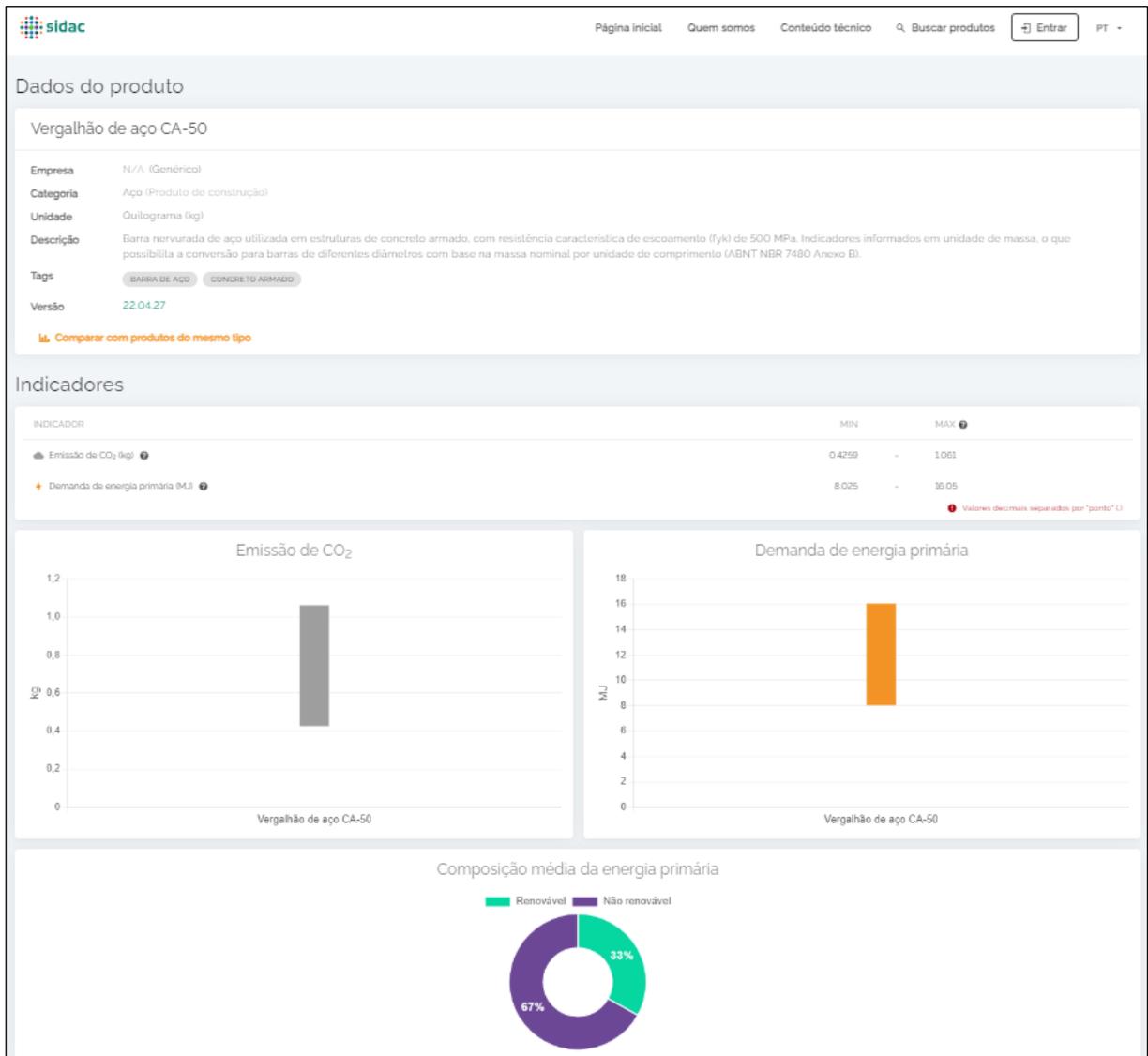
sustentabilidade do setor de obras civis.

Rodrigues (2022) criou um modelo de indicadores sob a perspectiva da ESG (*Environmental, Social and Governance*) para uma empresa brasileira de construção civil pesada, associado aos 17 ODS propostos pela ONU (2015). O estudo resultou no desenvolvimento de 17 indicadores, sendo 5 de natureza ambiental, 7 de dimensão governamental e 5 de caráter social. O autor sinalizou que a implantação desse instrumento facilitou o acesso às informações dos *stakeholders*, ampliando a transparência e o valor da marca da companhia no mercado.

Conforme Scrucca *et al.* (2023), o uso de indicadores ambientais pode contribuir para que os ODS recomendados pela ONU (2015) sejam atingidos pelo setor da construção civil. Os autores propuseram uma avaliação quantitativa da dimensão ambiental para estimar o ciclo de vida de algumas construções. Esse processo selecionou um conjunto abrangente de indicadores e vinculou os mesmos a diferentes ODS associando as suas respectivas metas.

O Ministério de Minas e Energia (2022) desenvolveu uma ferramenta que calcula os indicadores de desempenho ambiental dos produtos de construção civil, relacionados à demanda de energia primária e da emissão de CO₂, desde o berço ao portão de fábrica. Esse instrumento tem o objetivo de auxiliar nas tomadas de decisões de maneira singela, prática e acessível a toda população brasileira gratuitamente através do portal <https://sidac.org.br/>. A Figura 10 apresenta os indicadores, mínimos e máximos, de emissão de CO₂, demanda de energia primária e da composição média da energia primária para o Aço CA-50, material muito utilizado na construção civil e de aeroportos.

Figura 10 – Declaração de desempenho ambiental do aço CA-50



Fonte: Ministério de Minas e Energia (2022).

Senger e Tavares (2016) observaram por meio dos indicadores ambientais que as construções que utilizam de metodologias construtivas modulares apresentam menores impactos ambientais em relação às obras que ainda fazem o uso dos procedimentos tradicionais. Wijewantha e Kulatunga (2022) realizaram um estudo com indicadores ambientais em obras de infraestrutura no Sri Lanka e os resultados foram eficazes e proporcionaram uma melhoria da sustentabilidade ambiental dos projetos avaliados.

Costa *et al.* (2018) realizaram um estudo de valores de referência de indicadores de sustentabilidade em 14 canteiros de obras em Salvador, na Bahia, dos aspectos ambientais: consumo de água, consumo de energia e geração de resíduos. Os autores acompanharam os empreendimentos desde o início das obras até o fim e informaram que existe um tendência de

redução do consumo de energia e da geração de resíduos para as construções que utilizam de metodologias construtivas padronizadas e industrializadas. A Figura 11 apresenta os intervalos de referências calculados para os indicadores analisados ao término das obras.

Figura 11 - Valores de referência para os indicadores ambientais ao fim da obra

Indicador	Faixa de Valores de referência	Amostra	Desvio Padrão (DP)
Consumo de Água (CA) ao final da obra (m ³ de água/m ² de área construída)	 Min 0,02 Mediana 0,23 Méd 0,27 Máx. 0,42	9	0,126
Consumo de Energia (CE) ao final da obra (KWh de energia/m ² de área construída)	 Min 0,86 Méd 2,36 Mediana 3,10 Máx. 5,54	9	2,057
Geração de Resíduos (GR) ao final da obra (m ³ de resíduos/m ² de área construída)	 Min 0,04 Mediana 0,10 Méd 0,11 Máx. 0,20	7	0,055

Fonte: Costa *et al.* (2018).

Consoante com tudo que foi apresentado nesse tópico, os indicadores de sustentabilidade que se referem às obras aeroportuárias, ainda carecem de maiores estudos de modo a ampliar as oportunidades de implementação das diretrizes de sustentabilidade nos canteiros de obras desse segmento. Estudos com indicadores ambientais para essa tipologia de obra ainda são escassos na literatura, após consulta realizada na base Scopus, em 15 de junho de 2023, por meio das palavras chaves (*'environmental and indicators'*) and (*'infrastructure and works'*) or (*'construction'*) and (*'airport'*) foram encontradas somente 10 publicações que abordavam a temática e as mesmas estão relacionadas no Quadro 15.

Quadro 15 - Publicações sobre indicadores ambientais em obras aeroportuárias

Ano de Publicação	Autores	Título do Documento	Fonte	Quantidade de Citações
2011	Bubalo, B., Daduna, J.R.	<i>Airport capacity and demand calculations by simulation-the case of Berlin-Brandenburg International Airport</i>	<i>NETNOMICS: Economic Research and Electronic Networking</i>	34
2012	Seifolddini, F., Mansourian, H.	<i>Pattern of urban services concentration and its environmental impacts on Tehran city</i>	<i>Journal of Environmental Studies</i>	1

Ano de Publicação	Autores	Título do Documento	Fonte	Quantidade de Citações
2018	<i>Camara, T., Kamsu-Foguem, B., Diourte, B., Faye, J.P., Hamadoun, O.</i>	<i>Management of acoustic risks for buildings near airports</i>	<i>Ecological Informatics</i>	8
2019	<i>Ochoa Robles, J., Giraud Billoud, M., Azzaro-Pantel, C., Aguilar-Lasserre, A.A.</i>	<i>Optimal Design of a Sustainable Hydrogen Supply Chain Network: Application in an Airport Ecosystem</i>	<i>ACS Sustainable Chemistry and Engineering</i>	14
2022	<i>Wijewantha, P., Kulatunga, U.</i>	<i>A framework to assess environmental sustainability of expressway projects in Sri Lanka</i>	<i>Management of Environmental Quality: An International Journal</i>	0
2022	<i>Xiong, C., Tian, Y., Liu, X., Tan, R., Luan, Q.</i>	<i>The Different Impacts of Airports on the Ecological Environment under Distinct Institutional Contexts</i>	<i>Land</i>	0
2022	<i>Ramakrishnan, J., Liu, T., Yu, R., Seshadri, K., Gou, Z.</i>	<i>Towards greener airports: Development of an assessment framework by leveraging sustainability reports and rating tools</i>	<i>Environmental Impact Assessment Review</i>	4
2023	<i>Bolognese, M., Carpita, S., Fredianelli, L., Licitra, G.</i>	<i>Definition of Key Performance Indicators for Noise Monitoring Networks</i>	<i>Environments - MDPI</i>	0
2023	<i>Chourasia, A.S., Dalei, N.N., Jha, K.</i>	<i>Evaluating public-private partnership role on the sustainability of airports in India</i>	<i>Sustainable Development</i>	0
2023	<i>Rosasco, P., Sdino, L.</i>	<i>The Social Sustainability of the Infrastructures: A Case Study in the Liguria Region</i>	<i>Land</i>	1

Fonte: O autor (2023).

Com base no exposto acima, é evidente que a literatura disponível apresenta uma lacuna de pesquisas de indicadores ambientais direcionados à sustentabilidade em projetos de infraestrutura aeroportuária. Essa carência de estudos específicos ressalta a importância de investigações mais aprofundadas e direcionadas a fim de preencher esse vazio. A implementação de tais indicadores é fundamental para promover a sustentabilidade e reduzir o impacto ambiental no setor de construção de aeroportos, alinhando-se com os ODS da Agenda 2030 e contribuindo para um futuro mais responsável em relação ao meio ambiente.

3 METODOLOGIA

A presente pesquisa é de natureza aplicada, uma vez que buscou aprofundar o conhecimento sobre uma obra de expansão e remodelação de aeroporto, tendo uma aplicação prática na identificação e avaliação dos aspectos e impactos ambientais no projeto do SBRF, com vistas a propor ações sustentáveis. Ainda, classifica-se como exploratória, pois por meio da mesma, foi possível obter maior clareza quanto aos aspectos e impactos ambientais gerados no decorrer da obra. Além disso, também é considerada como descritiva e já que foi realizada uma análise detalhada do objeto de estudo durante as fases de planejamento e construção do empreendimento.

O período de observação e coleta dos dados foi compreendido entre 03 de novembro de 2020 a 30 de junho de 2023. A revisão bibliográfica foi feita conforme proposto por Gil (2017), a mesma teve como finalidade fomentar maior conhecimento crítico e facilidade da análise por parte do pesquisador junto a temática estudada. Além de justificar e contextualizar a pesquisa, o referencial teórico consultado apoiou nas discussões dos resultados decorrentes dessa dissertação.

Realizou-se pesquisas por meio de palavras chaves nas bases localizadas no Portal de Periódicos da CAPES, em especial, as publicações disponíveis na plataforma Scopus. Também foi feita a consulta em diferentes recursos disponíveis na literatura, nacional e internacional, profundamente relacionadas com o setor aéreo, a exemplo da ANAC, IATA, ICAO e ACI, bem como da construção civil como a CBIC e WGBC. Além disso, consultou-se outras publicações técnicas-científicas como livros, manuais, monografias, dissertações, teses, legislação e normas.

Foram utilizados como procedimento de pesquisa o levantamento de dados primários durante o acompanhamento e monitoramento da obra, a aplicação de questionário estruturado junto a especialistas, a construção de matrizes (quadros) para a identificação de aspectos e impactos ambientais, a verificação do cumprimento da legislação ambiental ao longo do período de observação do estudo e a elaboração de uma proposta de indicadores de acompanhamento da gestão sustentável em obras de infraestrutura aeroportuária a partir da análise dos achados frente ao estado da arte caracterizado pela revisão de literatura. Ainda quanto ao procedimento técnico, a pesquisa se caracteriza como experimental, por meio da seleção de variáveis (aspectos, impactos e indicadores) que foram observados em campo.

A respectiva pesquisa também se enquadra como um estudo de caso, visto que foi realizada uma investigação abrangente sobre o contexto da remodelação e ampliação de um

aeródromo. Além disso, caracteriza-se como um estudo documental devido a necessidade de consultar as fontes primárias como os projetos, memoriais e demais documentos legais e específicos e obrigatórios (licenciamento ambiental, alvará de construção e demolição, entre outros) para a execução da obra, de modo a complementar o entendimento do elemento em análise.

A abordagem de análise dos dados obtidos foi qualitativa-quantitativa, por meio da modelagem dos mesmos nos *softwares* MS Excel e IBM® SPSS *Statistics* 29.0. O primeiro foi empregado para a construção dos gráficos e das matrizes de identificação dos aspectos e impactos ambientais e o segundo para a verificação do grau de confiabilidade das respostas e da análise estatística do questionário aplicado.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo em questão trata-se da reforma e ampliação do Aeroporto Internacional do Recife/Guararapes Gilberto Freyre, contemplando a Fase 1-B do contrato de concessão junto à ANAC. Conforme informado na Licença de Instalação, por meio do processo nº 8050314522 com validade até 06/06/2026, o empreendimento em análise possui um terreno de 3.188.485,99 m².

De acordo com Freitas Filho (2011), SBRF está inserido na bacia hidrográfica do rio Tejipió. Segundo o Plano Diretor do Recife (2020), Lei nº 18.770/2020, o SBRF encontra-se na Zona de Desenvolvimento Sustentável do Tejipió. Conforme Licença Prévia, solicitada através do processo de número 8076681920, emitida pela Prefeitura do Recife (2021) o empreendimento está inserido no Setor de Sustentabilidade Ambiental (SSA1).

O aeroporto fica no bairro da Imbiribeira, ao Sul da cidade do Recife, capital do Estado de Pernambuco e conforme a Portaria DECEA nº 23/ICA, de 14 de julho de 2015 o respectivo aeródromo possui as seguintes coordenadas 08° 07'35,00" S e 34°55'22,00" W.

A respectiva infraestrutura aeroportuária encontra-se integralmente envolvida na rede urbana da Região Metropolitana de Recife, que agrupa grandes núcleos geradores de demanda, a exemplo do Complexo Industrial e Portuário de Suape, a cerca de 40 km de SBRF e da Refinaria Abreu e Lima. A Figura 12 ilustra a vista de satélite do limite patrimonial (perímetro em vermelho) da área em estudo.

Figura 12 - Vista aérea do entorno do Aeroporto Internacional do Recife/Guararapes Gilberto Freyre



Fonte: O Autor, adaptado de *Google Earth* (2023).

O acesso ao aeroporto por meio viário é feito pela Avenida Mascarenhas de Moraes, que por sua vez, tem fácil ingresso às BR-101 (interligação com o Norte e Sul do Brasil) e BR-232 (que liga Recife ao interior do Estado). Também é possível acessar SBRF por meio do sistema de transporte público ferroviário e rodoviário, que inclusive dispõem de uma passarela exclusiva para o Terminal Integrado de Passageiros. Outro ponto de destaque é que alguns ônibus intermunicipais e interestaduais possuem ponto de parada nas proximidades do SBRF, o que facilita a logística a vários outros destinos não servidos pela malha aérea.

De acordo com a ANAC (2018), numa região de um raio de 3 Km de SBRF há duas Unidades de Conservação: o Refúgio de Vida Silvestre Mata do Engenho Uchôa e o Refúgio da Vida Silvestre Mata do Curado. O respectivo documento também sinaliza que a cobertura vegetal na área onde se prever as intervenções de ampliação da infraestrutura aeroportuária é composta por campos antrópicos e áreas com fragmentos de Floresta Ombrófila.

Ainda de acordo com a ANAC (2018), a Praça Ministro Salgado Filho, localizada no entorno de SBRF, é um bem tombado pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN). Além disso, alguns pontos do sítio aeroportuário dispõem de recursos hídricos superficiais que o projeto de ampliação e reforma não prever intervenções; mas que carecem de maior atenção de modo a preservar esse recurso natural.

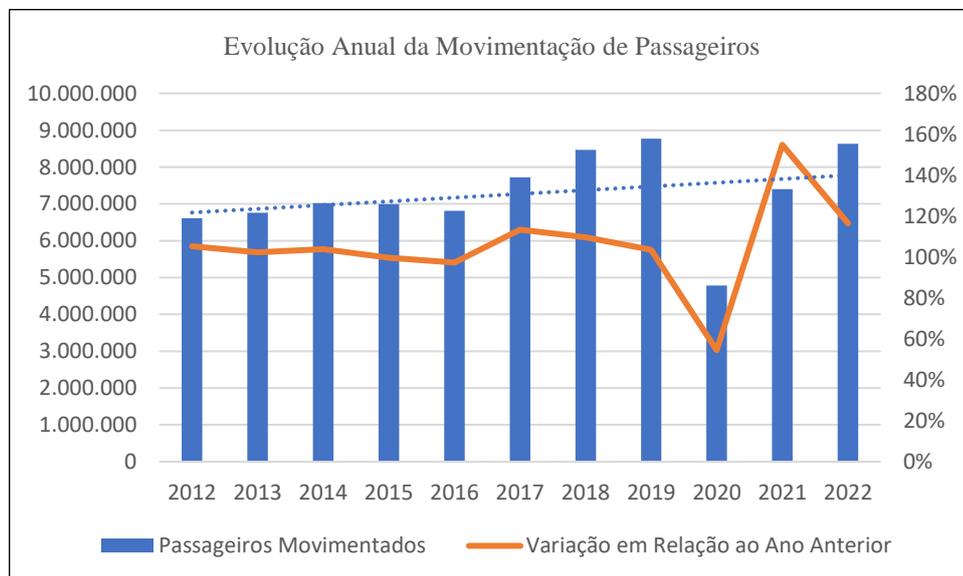
Conforme o Anuário do Transporte Aéreo (2020) o SBRF opera 24 horas por dia e atende a movimentação de passageiros e cargas domésticas e internacionais. É considerado o aeroporto mais importante do Estado de Pernambuco e o mais movimentado da região Nordeste

do Brasil.

De acordo com o EVTEA, o SBRF vem se materializando como um *hub* regional por concentrar grandes volumes de voos, com alta conectividade na malha aérea doméstica e apresentava um crescente número de destinos internacionais nos últimos anos que antecederam a pandemia de COVID-19. Outra informação que o documento realça é o aumento nas projeções de demanda no número de movimentação de passageiros, aeronaves e cargas ao longo do período de concessão.

Segundo o Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea (2023), SBRF foi o 7º aeroporto mais movimentado do Brasil em 2022, chegando a processar 83.088 operações de aeronaves, o que representa um incremento em relação ao ano anterior de 11%. Conforme o Ministério de Portos e Aeroportos (2023), até abril de 2023 o SBRF já movimentou 2,93 milhões de passageiros, o que representa um acréscimo de 1,0% em relação ao mesmo período do ano passado. Ainda de acordo com o órgão, SBRF está conectado a 34 destinos diretos (30 domésticos e 4 internacionais) apresentando uma taxa ascendente anual de movimentação de passageiros de SBRF conforme ilustra a Figura 13.

Figura 13 - Evolução da movimentação anual de passageiros em SBRF

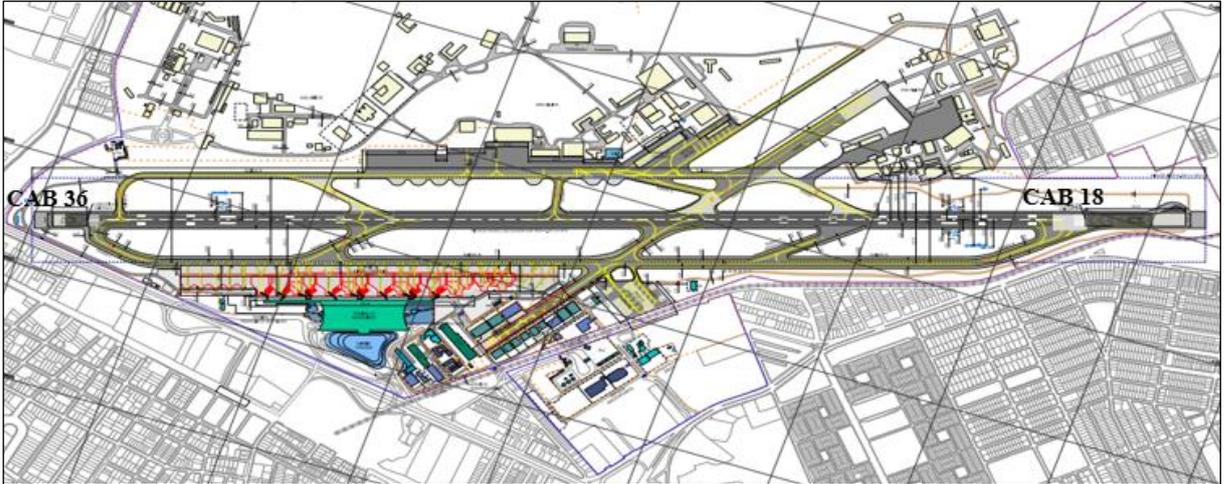


Fonte: O autor, adaptado do Ministério de Portos e Aeroportos (2023).

De acordo com a ANAC (2021) um aeroporto é definido em lado ar (*airside*) e lado terra (*landside*). O lado ar de um aeroporto é a área de movimento de aeronaves e todas as áreas e edifícios com acesso controlado por inspeção de segurança. O *airside* de SBRF possui uma única PPD, pavimentada com 45 m de comprimento, acostamentos de 7,50 m em cada borda e

a orientação das cabeceiras são 18-36. Antes das obras, o aeródromo em discussão, dispunha de 13 pistas de táxi e 5 pátios de estacionamento de aeronaves, atendendo aeronaves comerciais, aviação geral e militares, além dos viários de serviços (Figura 14).

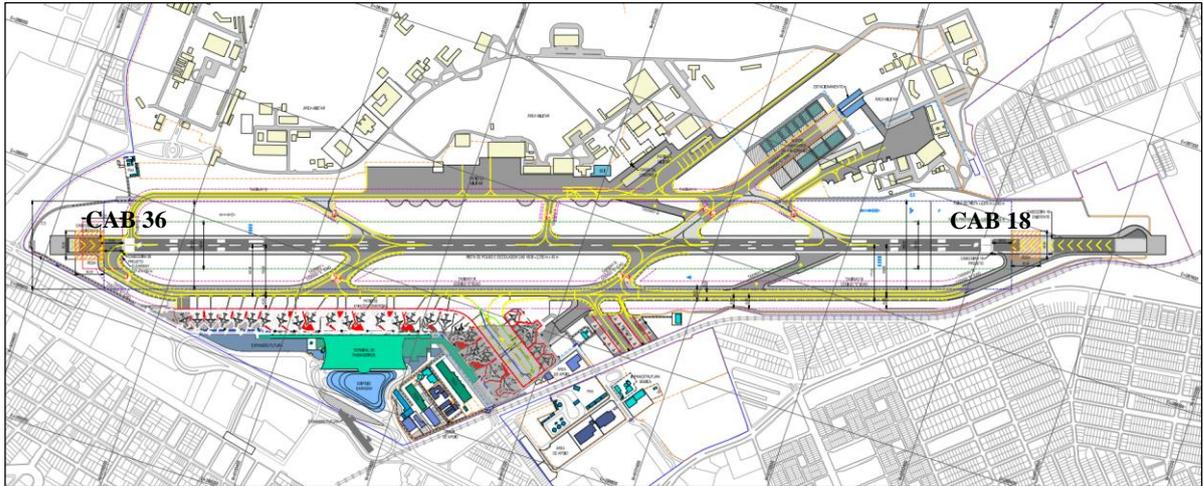
Figura 14 - Vista *airside* anterior as intervenções de obras no Aeroporto Internacional do Recife/Guararapes



Fonte: O autor, adaptado de Aeroportos do Nordeste do Brasil (2021) [Documento particular de obra].

Ao término das intervenções, ainda em execução, as principais alterações na geometria *airside* do SBRF serão a relocação das cabeceiras (já executado, possuindo uma distância declarada de 2.751 m de comprimento), a ampliação do pátio de aeronaves, as adequações nas pistas de táxi (em processo de finalização) e o nivelamento da faixa de preparada (já concluído). Os serviços executados da faixa preparada, além de garantir condições geométricas de projeto, foram fundamentais para garantir a capacidade de suporte conforme os regulamentos vigentes RBAC 153 (2021) e RBAC 154 (2021). A Figura 15 apresenta a nova geometria *airside* do SBRF.

Figura 15 - Vista da nova configuração *airside* do Aeroporto Internacional do Recife/Guararapes



Fonte: O autor, adaptado de Aeroportos do Nordeste do Brasil (2021) [Documento particular de obra]

Conforme a ANAC (2021), o lado terra de um aeroporto é toda área aeroportuária de uso público e que não carece de acesso controlado. O *lanside* de SBRF possui um TPS, ao Leste de sua área patrimonial, com uma área aproximada de 56.375 m² distribuídos em quatro pavimentos. No pavimento térreo estão alocadas as principais zonas de processamento de desembarque de passageiros. No pavimento técnico fica localizada uma galeria técnica que é composta por diversos sistemas eletrônicos e eletromecânicos. No primeiro pavimento é composto pelos elementos destinados ao processamento de embarque e venda de passagens. Já a cobertura é onde fica a administração aeroportuária e uma praça de alimentação com vista panorâmica para o pátio de aeronaves.

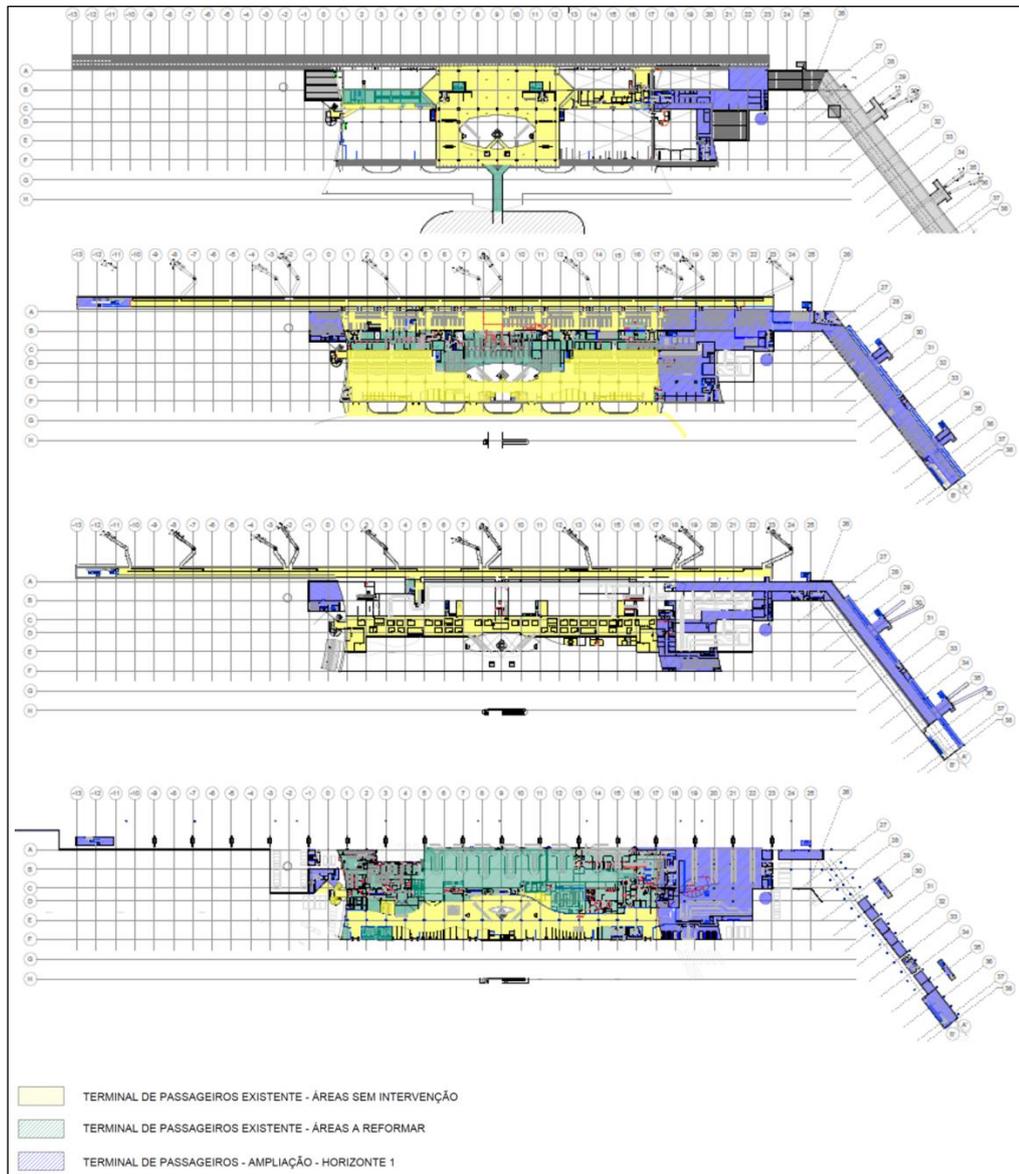
Após o final das obras, o TPS ficará com uma área aproximada de 79.500 m², representando um acréscimo de 42% em relação à situação anterior ao início das intervenções, o Quadro 16 e a Figura 16 apresentam as áreas existentes sem intervenção, áreas existentes com reformas e as áreas a serem ampliadas no TPS por pavimento respectivamente.

Quadro 16 - Áreas com intervenções no Terminal de Passageiros do Aeroporto do Recife

Pavimento	Área Existente sem Intervenção (m ²)	Área Existente a ser Reformada (m ²)	Ampliação (m ²)	Percentual de Área Ampliada	Área Total Ampliada por Pavimento (m ²)
Térreo - Desembarque	6.803,83	9.982,98	7.134,27	42%	23.921,08
Técnico - Conector	8.057,42	117,30	6.107,48	74%	14.342,20
1º Pav. - Embarque	16.865,78	4.925,54	7.914,03	36%	29.705,35
2º Pav. - Comercial e Administrativo	7.707,97	1.325,52	2.426,63	27%	11.460,12
Área Total (m ²)	39.435,00	16.411,34	23.582,41	42%	79.428,75

Fonte: O autor, adaptado de Aeroportos do Nordeste do Brasil (2021) [Documento particular de obra].

Figura 16 - Áreas com intervenções no Terminal de Passageiros do Aeroporto do Recife



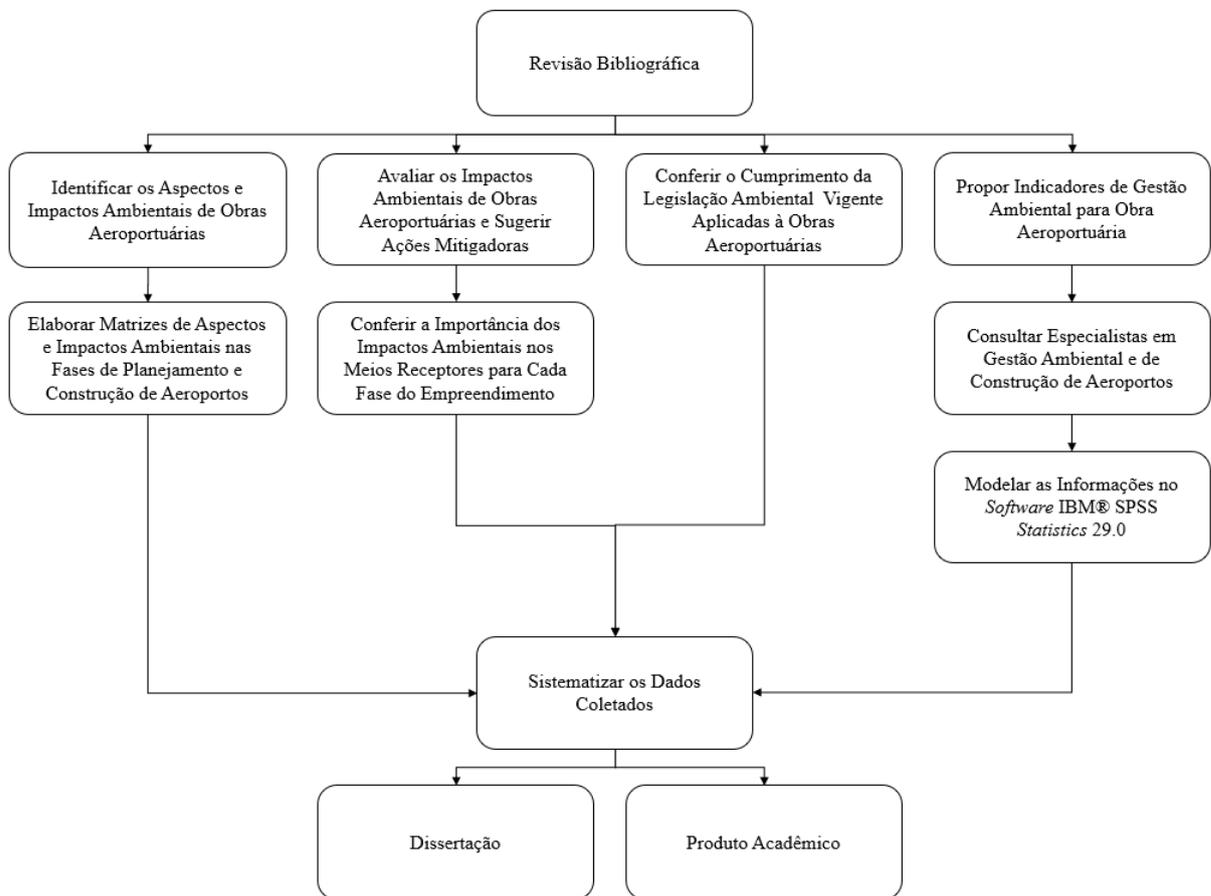
Fonte: O autor, adaptado de Aeroportos do Nordeste do Brasil (2021) [Documento particular de obra].

Quanto à área de influência, o respectivo estudo considera apenas a área de influência direta. De acordo com a Resolução CONAMA n° 01/1986, a área de influência direta, é aquela que sofre os impactos diretos da ampliação e reforma do empreendimento.

3.2 DESCRIÇÃO DOS MÉTODOS

O desenvolvimento da presente pesquisa envolveu diferentes etapas metodológicas visando o alcance dos objetivos específicos, conforme fluxograma apresentado na Figura 17.

Figura 17 - Fluxograma metodológico proposto para atingir os objetivos da pesquisa



Fonte: O Autor (2023).

3.2.1 Identificação dos aspectos e impactos ambientais de obras aeroportuárias

Para identificar as repercussões das obras de ampliação e reforma de SBRF sobre o meio ambiente, os fatores causadores foram discriminados em duas fases conforme detalhado a

seguir:

- Planejamento: etapa que se desenvolvem os estudos preliminares, atendimento aos requisitos legais, concepção do empreendimento por meio do desenvolvimento de projetos, suprimento e gerenciamento do projeto.
- Construção: etapa de realização das obras civis e demais intervenções físicas do empreendimento, mirando aprovisionar as condições mínimas necessárias para operação futura.

Adaptou-se a matriz, de causa e efeito, proposta por Degani (2003) para identificação dos aspectos e impactos ambientais oriundos da obra de reforma e ampliação do SBRF para as fases de planejamento e construção. Alguns ajustes foram necessários, como um maior detalhamento e abertura das atividades macro e inclusão de outros aspectos ambientais complementares verificados durante o período de observação da obra em estudo. Os Quadros 17 e 18 ilustram as respectivas matrizes, onde é possível observar as interfaces entre as tarefas identificadas no canteiro de obras e o meio ambiente por fase de atuação.

Quadro 18 - Matriz de identificação de aspectos e impactos ambientais adaptadas para fase de construção de obras aeroportuárias

Atividades	Aspectos Ambientais	Impactos Ambientais		
		Meio Abiótico	Meio Biótico	Meio Antrópico
Construção (Landside e Airside)				
Isolamento Provisório e Montagem de Tapunês				
Montagem e Instalação do Caneiro de Obras				
Demolição ¹				
Limpeza e Regularização do Terreno ¹				
Locação Topográfica ¹				
Fresagem de Pavimentos ³				
Terraplanagem ¹				
Plantação de Cobertura Vegetal (Grama) ³				
Pavimento Flexível (Asfalto) ³				
Pavimento Rígido (Concreto) ³				
Fundações ¹				
Relocação de Equipamentos de Auxílio à Navegação Aérea ³				
Escavação e Reaterro de Valas ¹				
Queroduto e PITs de Abastecimento de Aeronaves ³				
Drenagem Pluvial ¹				
Drenagem Contaminada ³				
Proteção e Realocação de Obras de Artes ²				
Reforço Estrutural ²				
Superestrutura (Concreto e Metálica) ³				
Cobertura ²				
Alvenaria ²				
Esquadrias e Caixaílos ²				
Instalações Prediais (Hidráulica, Elétrica, Telemática, etc.) ¹				
Sinalização Horizontal de Pistas e Pátios ³				
Balizamento e Sinalização Vertical de Pistas e Pátios ³				
Impermeabilização ²				
Revestimento de Paredes e Pisos ²				
Sistema de Climatização ²				
Forro e Iluminação ²				
Pintura ²				
Acabamentos e Acessórios (Louças, Metais, Guarda Corpo, etc) ²				
Reforma e Adequação de Equipamentos Aeroportuários Existentes ²				
Montagem de Novos Equipamentos Aeroportuários ¹				
Adequação ao Sistema Viário de Acesso ao TPS ²				
Limpeza Final e Bota Fora ¹				
Desmontagem do Canteiro de Obras e Instalações Provisórias ¹				
	Alteração do Uso do Solo			
	Circulação de Máquinas, Equipamentos e Veículos			
	Construção de Estrutura Provisória			
	Consumo de Material Natural e/ou Manufaturado			
	Consumo e Desperdício de Água			
	Consumo e Desperdício de Combustível			
	Consumo e Desperdício de Energia			
	Controle da Qualidade			
	Danos a Redes e Instalações Existentes			
	Derramamento e/ou Vazamento de Produto Químico			
	Desperdício de Materiais			
	Emissão de Gases Poluentes			
	Emissão de Material Particulado			
	Emissão de NOTAM *			
	Geração de Resíduos			
	Geração de Ruído			
	Geração de Tráfego			
	Geração de Vibrações			
	Geração e Lançamento de Efluentes			
	Içamento e Movimentação de Cargas			
	Iluminação Artificial			
	Impermeabilização de Superfícies			
	Lançamento de Fragmentos e Centelha			
	Liberação de Odores			
	Perda Incorporada de Materiais			
	Rebaixamento do Lençol Freático			
	Remoção de Edificações			
	Risco de Desmoronamento			
	Serviços de Topografia			
	Supressão Vegetal			
	Testes e Comissionamento			

Legenda ● Atividade de Construção ● Impacto Ambiental Benéfico ● Impacto Ambiental Adverso 1 Atividade Landside e Airside 2 Apenas Atividade Landside 3 Apenas Atividade Airside * Notice to Airman (Mensagem que divulga alterações e restrições que impactam as operações aéreas)

Fonte: O autor, adaptado de Degani (2003).

Conforme pode ser observado nos Quadros 17 e 18, para cada atividade desenvolvida pela obra há diferentes aspectos ambientais associados, onde é possível identificar os respectivos impactos ambientais por meio do cruzamento das interfaces. De acordo com Santos (2020) a utilização de matrizes de interação é um método eficiente para a identificação de impactos diretos.

3.2.2 Avaliação dos impactos ambientais de obras aeroportuária

Após o processo de identificação dos aspectos e impactos ambientais da obra em estudo foi feita a avaliação dos impactos ambientais, para as fases de planejamento e construção de SBRF, por meio da adaptação do modelo matemático proposto por Conesa (2010). A respectiva análise é quali-quantitativa e tem o objetivo de mapear a importância de cada um dos impactos através de 11 critérios conforme são detalhados a seguir.

- a) Natureza (N): Esse atributo considera que os impactos de caráter benéficos são positivos (+1) e os adversos são negativos (-1).
- b) Intensidade (In): Refere-se ao grau de destruição de uma ação sobre na área específica em que atua.
- c) Extensão (Ex): Está associado aos impactos na área de influência do projeto. Caso o efeito seja pontual, mas tenha ocorrido em local crítico deve atribuir ao mesmo um valor de quatro unidades acima do valor correspondente.
- d) Momento (Mo): É um critério relacionado ao tempo decorrido entre a ação e o surgimento do impacto ambiental. Caso haja alguma circunstância que torne o momento do impacto crítico, deve atribuir ao mesmo um valor de uma ou quatro unidades acima do especificado.
- e) Persistência (PE): É o tempo que o efeito permanece desde o seu surgimento até o item afetado retornar às condições iniciais, antes da ação por meios naturais ou antrópicas. É importante destacar que a persistência é independente da reversibilidade.
- f) Reversibilidade (RV): Atribuído à perspectiva do elemento impactado retornar às condições iniciais anteriores à ação, por vias naturais, após o projeto deixar de atuar sobre o meio ambiente.
- g) Sinergia (SI): Este critério contempla o reforço de dois ou mais efeitos simples, causados por aspectos ou atividades que atuam simultaneamente. Quando há sinergia

entre os impactos, o dano ambiental é superior à manifestação em relação à atuação de maneira independente e não simultânea dos elementos.

- h) Acumulação (AC): Essa característica está associada ao aumento progressivo do impacto sobre o meio ambiente ao longo do tempo.
- i) Efeito (EF): Esse item possui relação de causa e efeito, ou seja, a maneira que aparece um impacto sobre um elemento é consequência de uma ação. O efeito direto é aquele que tem uma relação direta entre ação e impacto. Já o efeito indireto não está espontaneamente relacionado ao ato que o produz.
- j) Periodicidade (PR): Atribui-se à regularidade de manifestação do impacto, seja cíclico ou recorrente, imprevisível ou constante ao longo do tempo.
- k) Recuperabilidade (MC): É a possibilidade de retorno às condições iniciais precedentes ao impacto, por meio da intervenção humana.

Os múltiplos critérios do método, bem como as suas subdivisões e seus respectivos valores numéricos estão apresentados no Quadro 19.

Quadro 19 - Atributos de avaliação da importância do impacto ambiental

Atributos	Descrição	Valor	Atributos	Descrição	Valor
Natureza (N)	Impacto Benéfico	+1	Reversibilidade (RV) - Reconstrução por meio natural	Curto Prazo	1
	Impacto Adverso	-1		Médio Prazo	2
Intensidade (In) - Grau de Destruição	Baixa	1		Longo Prazo	3
	Média	2		Irreversível	4
	Alta	4	Sinergia (SI) - Empoderamento da Manifestação	Sem Sinergia	1
	Muito Alta	8		Sinergia Moderada	2
Total	12	Muito Sinérgico		4	
Extensão (Ex) - Área de Influência	Pontual	1	Acumulação (AC) - Aumento Progressivo	Simples	1
	Parcial	2		Acumulativo	4
	Extensa	4	Efeito (EF) - Relação causa e efeito	Indireto	1
	Total	8		Direto	4
	Crítica	(+4)	Periodicidade (PR) - Regularidade da Manifestação	Irregular	1
Momento (Mo) - Prazo de Manifestação	Longo Prazo	1		Periódico	2
	Médio Prazo	2		Contínuo	4
	Curto Prazo	3	Recuperabilidade (MC) - Reconstrução por meio antrópico	Imediata	1
	Imediato	4		Curto Prazo	2
	Crítico	(+4)		Médio Prazo	3
Persistência (PE) - Permanência do Efeito	Rápido	1	Longo Prazo	4	
	Temporal	2	Inrecuperável	8	
	Persistente	3			
	Permanente	4			

Fonte: O autor, adaptado de Conesa (2010).

A avaliação dos respectivos impactos é feita através da Equação (1), onde I significa a importância do impacto ambiental em módulo.

$$I = N [3In + 2Ex + Mo + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC] \quad \text{Eq. (1)}$$

Conforme Coesa (2010), a importância do impacto ambiental está compreendida entre 13 e 100, e eles são classificados conforme o Quadro 20.

Quadro 20 - Classificação dos impactos ambientais pelo método de Conesa (2010)

Análise	Classificação	Intervalos *
Importância do Impacto	Impacto Adverso Irrelevante a Leve	< 25
	Impacto Adverso Moderado	25 < I < 50
	Impacto Adverso Severo a Alto	50 < I < 75
	Impacto Adverso Crítico a Muito Alto	75 < I < 100
	Impacto Benéfico	> 0

* Os intervalos são estabelecidos em função dos valores absolutos.

Fonte: O autor, adaptado de Coesa (2010).

Devido ao prazo do projeto em estudo ser inferior a 15 anos, adaptou-se o modelo sugerido por Conesa (2010) para os critérios: Momento (Mo), Persistência (PE), Reversibilidade (RV) e Recuperabilidade (MC) conforme ilustra o Quadro 21 de modo a considerar a manifestação temporal dos impactos ambientais durante a obra de SBRF.

Quadro 21 - Manifestação temporal dos impactos ambientais

Tempo de Manifestação dos Impactos (Conesa, 2010)	Tempo de Manifestação dos Impactos Considerados	Critérios							
		Momento (Mo)	Valor	Persistência (PE)	Valor	Reversibilidade (RV)	Valor	Recuperabilidade (MC)	Valor
t = 0	t = 0	Imediato	4	Rápido	1	Curto Prazo	1	Imediata	1
t < 1 ano	t < 180 dias	Curto Prazo	3					Curto Prazo	2
1 < t < 10 anos	180 < t < 365 dias	Médio Prazo	2	Temporal	2	Médio Prazo	2	Médio Prazo	3
10 < t < 15 anos	365 < t < 730 dias	Longo Prazo	1	Persistente	3	Longo Prazo	3	Longo Prazo	4
t > 15 anos	t > 730 dias			Permanente	4	Irreversível	4	Irrecuperável	8
Indistinto	Indistinto	Crítico	(+4)	-	-	-	-		

Fonte: O autor, adaptado de Conesa (2010).

Ainda de acordo com o método utilizado, após a avaliação dos impactos ambientais deve-se propor para cada um dos impactos adversos medidas de minimização, com o objetivo de melhorar o desempenho ambiental do projeto, para aqueles que apresentarem Importância do Impacto superior a 25 em módulo. A respectiva proposta pondera que os impactos adversos irrelevantes a leves (abaixo de 25 em número absoluto) são de pouca importância e compatíveis com a normalidade e os parâmetros de referências. Já os impactos benéficos são considerados importantes para o projeto e devem ser maximizados.

A análise apresentada na seção 4.2 dessa dissertação, é adaptada novamente e propõe ações ambientais mitigadoras para os impactos adversos independentemente da classificação. Pois, esse estudo pondera que para o atendimento das diretrizes da gestão ambiental em obras aeroportuárias é de fundamental importância que se busque tornar mínimo os impactos ambientais das suas atividades durante as fases de planejamento e construção.

3.2.3 Conferência do cumprimento da legislação ambiental vigente

Para a conferência do cumprimento da legislação ambiental foi realizado um levantamento em portais eletrônicos oficiais das leis e normas, a exemplo do <https://licenciamentounificado.recife.pe.gov.br/>, aplicadas a obra de reforma e ampliação aeroportuária, e na sequência elaborado um checklist desenvolvido que foi utilizado para acompanhar o atendimento das respectivas leis e normativas vigentes no país, no Estado de Pernambuco e no município do Recife no âmbito de obras aeroportuárias.

3.2.4 Recomendação de indicadores de gestão ambiental para obras aeroportuárias

A identificação dos indicadores propostos para gestão ambiental de obras aeroportuárias foi realizada fundamentada nos elementos verificados no tópico Indicadores de Sustentabilidade Ambiental em Obras Aeroportuárias, dessa dissertação, a exemplo da relevância em que foram citados por diferentes autores e da disponibilidade de informações. Essa etapa também considerou a experiência profissional do pesquisador, bem como do uso das categorias dos indicadores, aderentes ao empreendimento em análise, adaptadas da série 300 das normas do *Global Reporting Initiative* (GRI) visto ser um padrão que apresenta grande aceitação no âmbito corporativo a nível mundial.

Para eleger os indicadores a serem monitorados durante a execução de obras

aeroportuárias, foi desenvolvido um questionário estruturado (ver Apêndice A) adaptado da metodologia do Painel Delphi. A concordância do nível de relevância dos indicadores foi obtida por meio da escala de Likert (1932) de cinco pontos. Optou-se por ambos os procedimentos devido os mesmos serem ferramentas consagradas no meio acadêmico para esse tipo de pesquisa.

O respectivo questionário foi enviado aos especialistas em gestão ambiental e construção de aeroportos (identificados por busca em plataformas digitais) por meio de e-mail, mensagens no LinkedIn e em grupos de WhatsApp em formato digital por meio da ferramenta *Google Forms*. O período de coleta de dados ocorreu entre 18 e 31 de janeiro de 2023. Destaca-se que a respectiva consulta foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa por meio da Plataforma Brasil e aprovada através do Certificado de Apresentação de Apreciação Ética de nº 61469022.1.0000.0130, evitando assim qualquer forma de imposição ou constrangimento dos participantes do estudo, mediante a concessão de consentimento, que garanta sua participação de forma esclarecida e voluntária. A Figura 18 ilustra a página inicial do questionário aplicado para obtenção dos dados.

Figura 18 - Página inicial do questionário aplicado aos especialistas consultados



Pesquisa: Aspectos e Impactos Ambientais de Obras de Infraestrutura do Aeroporto Internacional do Recife – Pernambuco – Brasil

Olá,

Você está sendo convidado(a) para participar da pesquisa "Aspectos e Impactos Ambientais de Obras de Infraestrutura do Aeroporto Internacional do Recife – Pernambuco – Brasil".

O objetivo geral do estudo é analisar os aspectos e impactos ambientais da implementação de obras de reforma e expansão do Aeroporto Internacional do Recife, Pernambuco, Brasil.

A investigação faz parte do Mestrado Profissional em Gestão Ambiental, vinculada ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE) sob responsabilidade do discente Márcio Carneiro Boaventura e foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro Universitário Brasileiro (UNIBRA) por meio do CAAE: 61469022.1.0000.0130, evitando assim, qualquer forma de imposição ou constrangimento do(a) participante do estudo, mediante a concessão de consentimento, que garanta sua participação de forma esclarecida e voluntária.

O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), é apresentado a seguir, garante o sigilo sobre a sua identidade. Caso aceite participar, você concordará com o TCLE e responderá o questionário que faz parte da pesquisa, cujo tempo estimado de resposta é de 15 (quinze) minutos. Seu e-mail é solicitado para que enviemos a você a cópia do TCLE.

Desde já, agradecemos sua contribuição.

Caso tenha alguma dúvida ou necessite entrar em contato, favor enviar mensagem para o e-mail do pesquisador: marcioboaventura@hotmail.com.

As perguntas abordaram o uso de indicadores de desenvolvimento sustentável em canteiros de obras de aeroportos, considerando a dimensão ambiental. Posteriormente a obtenção das respostas, realizou-se a análise dos dados considerando critérios listados abaixo:

- a confiabilidade foi verificada por meio do coeficiente Alpha de Cronbach (1951), segundo propõe Brown (2011) e para a sua classificação considerou-se os intervalos sugeridos por Freitas e Rodrigues (2005): $\alpha \leq 0,30$ (muito baixa); $0,30 < \alpha \leq 0,60$ (baixa); $0,60 < \alpha \leq 0,75$ (moderada); $0,75 < \alpha \leq 0,90$ (alta) e $\alpha > 0,90$ (muito alta).
- o grau de relevância dos indicadores adaptou-se o método proposto por Bellen (2018), considerou-se os que apresentaram as maiores frequências absolutas e proporções acumuladas (relevante e muita relevância) das respostas para cada grupo de indicadores.
- devido às opções de relevância apresentadas no questionário apresentarem um caráter ordinal, foi considerando as medidas estatísticas mediana e moda para a análise dos dados, conforme sugerido por Antonialli *et al.* (2016), para cada categoria de indicadores.
- os indicadores propostos por essa pesquisa são aqueles que apresentaram, simultaneamente, as maiores medianas e modas para cada uma das classes de indicadores sugeridos.

Utilizou-se os *softwares* MS Excel e IBM® SPSS *Statistics* 29.0 para a modelagem e interpretação dos dados, assim como para a geração dos gráficos. Também, foram observados os critérios apontados por Bellen (2018) para a definição de indicadores de sustentabilidade como a dimensão ambiental, a participação dos diferentes atores sociais na elaboração do sistema: *top-down* (especialista e pesquisador) ou *bottom-up* (público-alvo). Bem como da interface de facilidade em se interpretar os dados para as tomadas de decisão em obras aeroportuárias.

A partir da sistematização das respostas do questionário aplicado, foi elaborada uma lista de indicadores mais relevantes, para cada categoria, de acordo com o índice de importância sinalizado pelos especialistas. Paralelamente, elaborou-se um manual com os referentes elementos, associando-os aos 17 ODS da Agenda 2030 e ele é caracterizado como produto educacional dessa dissertação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nessa seção são apresentados os resultados obtidos durante a pesquisa, juntamente com a discussão para cada objetivo específico. Será abordada a identificação dos aspectos e impactos ambientais das obras de ampliação do SBRF, bem como a avaliação dos impactos ambientais e a apresentação de sugestões de ações ambientais mitigadoras para os mesmos. Além disso, será discorrido se o empreendimento cumpriu com legislação ambiental ao longo das intervenções de melhorias do respectivo aeroporto e foi proposto uma relação de indicadores de gestão ambiental para obras aeroportuárias futuras.

4.1 IDENTIFICAÇÃO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS DA OBRA

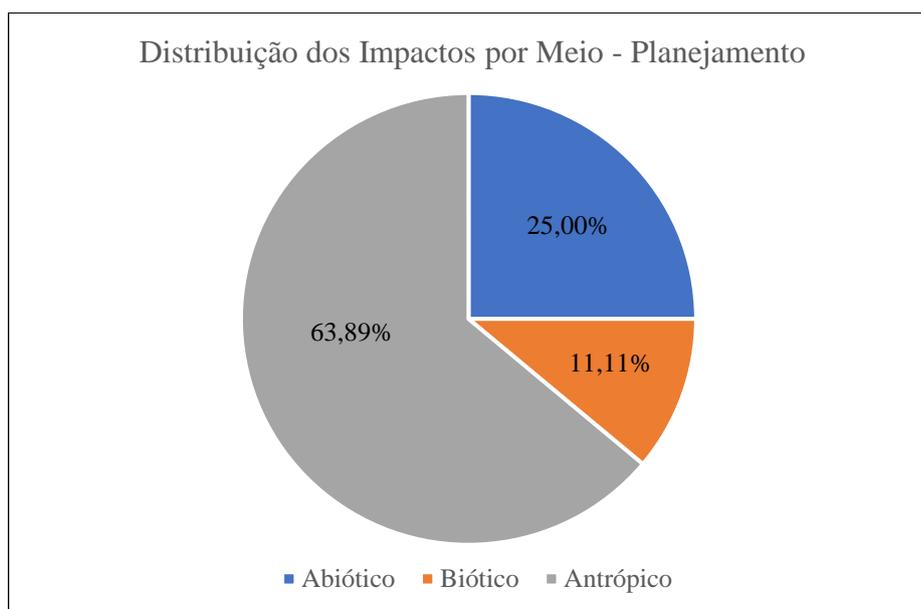
Esse tópico identifica e descreve os impactos ambientais nos meios receptores afetados pela obra de ampliação e remodelação do SBRF, associando os aspectos ambientais às fases de ocorrência (planejamento e construção) do projeto, bem como as respectivas atividades do empreendimento. Identificar os aspectos e impactos ambientais de uma obra aeroportuária é uma atividade de grande relevância, visto a magnitude e complexidade do ponto de vista técnico e ambiental desse tipo de empreendimento. Esse processo contribui significativamente para minimizar e mitigar os danos ao ambiente que a construção, ampliação e remodelação de um aeroporto tem potencial de gerar.

Para atender esse componente, adaptou-se a matriz sugerida por Degani (2003) a especificidade do empreendimento em análise. Verificou-se que a etapa de identificação dos aspectos e impactos ambientais, de uma obra aeroportuária, é uma tarefa complexa e que necessita de uma análise criteriosa em cada fase do projeto. Isso se dá devido a amplitude de serviços envolvidos e da dinâmica executiva das atividades, demandando a inclusão de novos elementos que são identificados com o avançar das obras e a sensibilidade do observador.

Foram identificados durante a fase de planejamento da obra 27 aspectos ambientais e 36 impactos ambientais, associados a 24 atividades construtivas conforme são apresentados no Quadro 22.

Observou-se que a distribuição dos impactos ambientais durante a fase de planejamento da obra de SBRF ocorre de forma variada, com predominância do antrópico, seguido dos meios abiótico e biótico respectivamente. A Figura 19 ilustra a distribuição de ocorrência dos impactos ambientais ao longo da fase de planejamento da obra aeroportuária em análise.

Figura 19 - Distribuição percentual dos impactos ambientais por meio da fase de planejamento

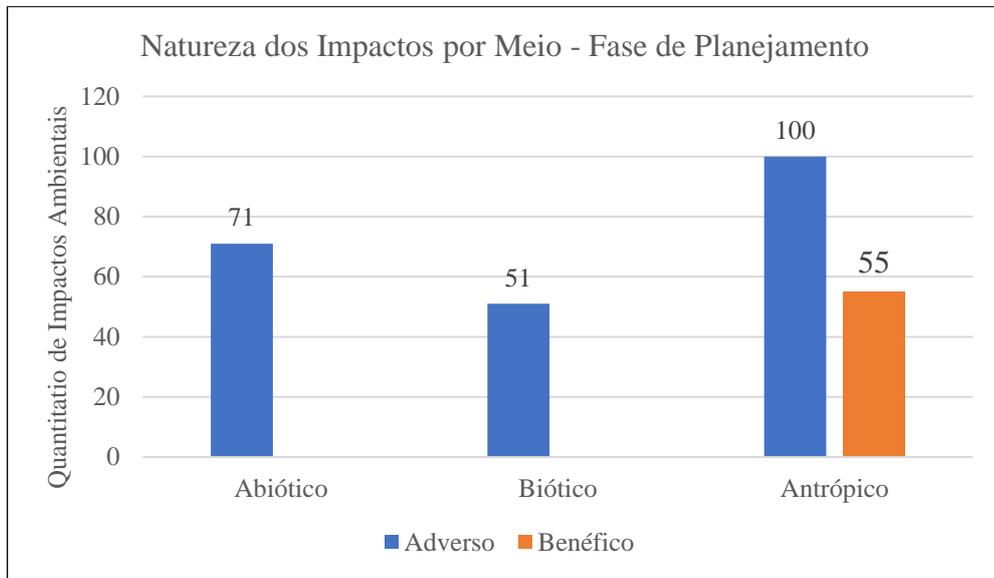


Fonte: O autor (2023).

Ao analisar os impactos frente aos aspectos ambientais e atividades da fase de planejamento, identificou-se o acumulado de 277 impactos ambientais. Verificou-se que 222 (80,14%) impactos ambientais são de natureza adversa e 55 (19,86%) impactos ambientais são de natureza benéfica. Constatou-se que apenas o meio antrópico apresentou impactos ambientais de natureza benéfica durante a fase de planejamento da obra de ampliação de SBRF.

A Figura 20 ilustra a distribuição acumulada dos impactos ambientais adversos e benéficos por meio durante a fase de planejamento da obra de SBRF.

Figura 20 - Distribuição dos impactos ambientais por natureza e meio ao longo da fase de planejamento

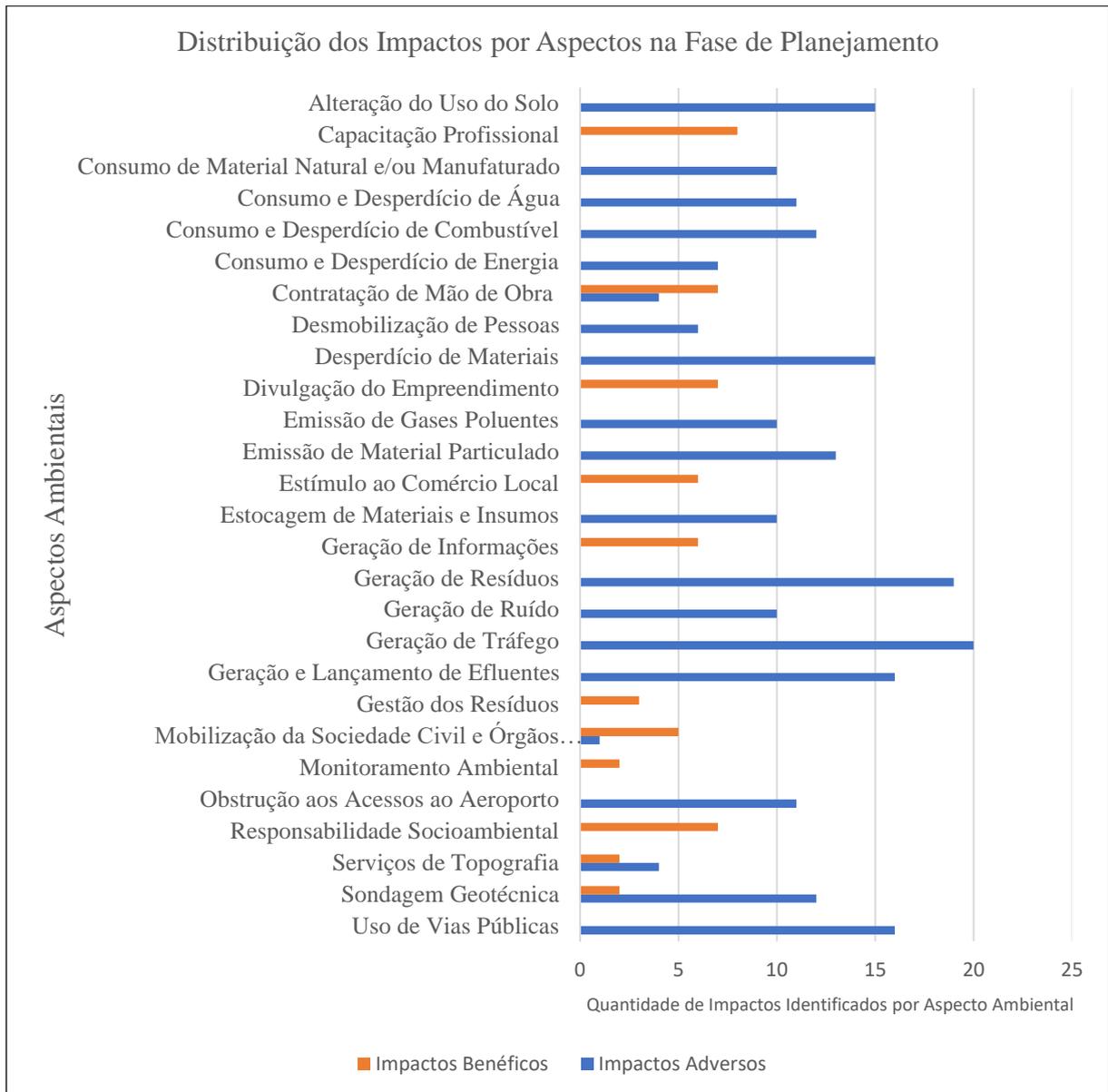


Fonte: O autor (2023).

A partir da análise do Quadro 22, é possível verificar que os aspectos ambientais Geração de Tráfego e Geração de Resíduos foram os que apresentaram a maior quantidade de impactos ambientais de natureza adversa durante a fase de planejamento da obra de SBRF. O primeiro é responsável por 20 e o segundo por 19 impactos adversos. Já o aspecto ambiental Capacitação Profissional é responsável por 8 impactos ambientais benéficos, seguido dos aspectos Contratação de Mão de Obra; Divulgação do Empreendimento e Responsabilidade Socioambiental que são motivadores de 7 impactos ambientais de natureza benéfica.

A Figura 21 ilustra a distribuição dos impactos ambientais frente aos seus respectivos aspectos ambientais durante a fase de planejamento da obra de SBRF.

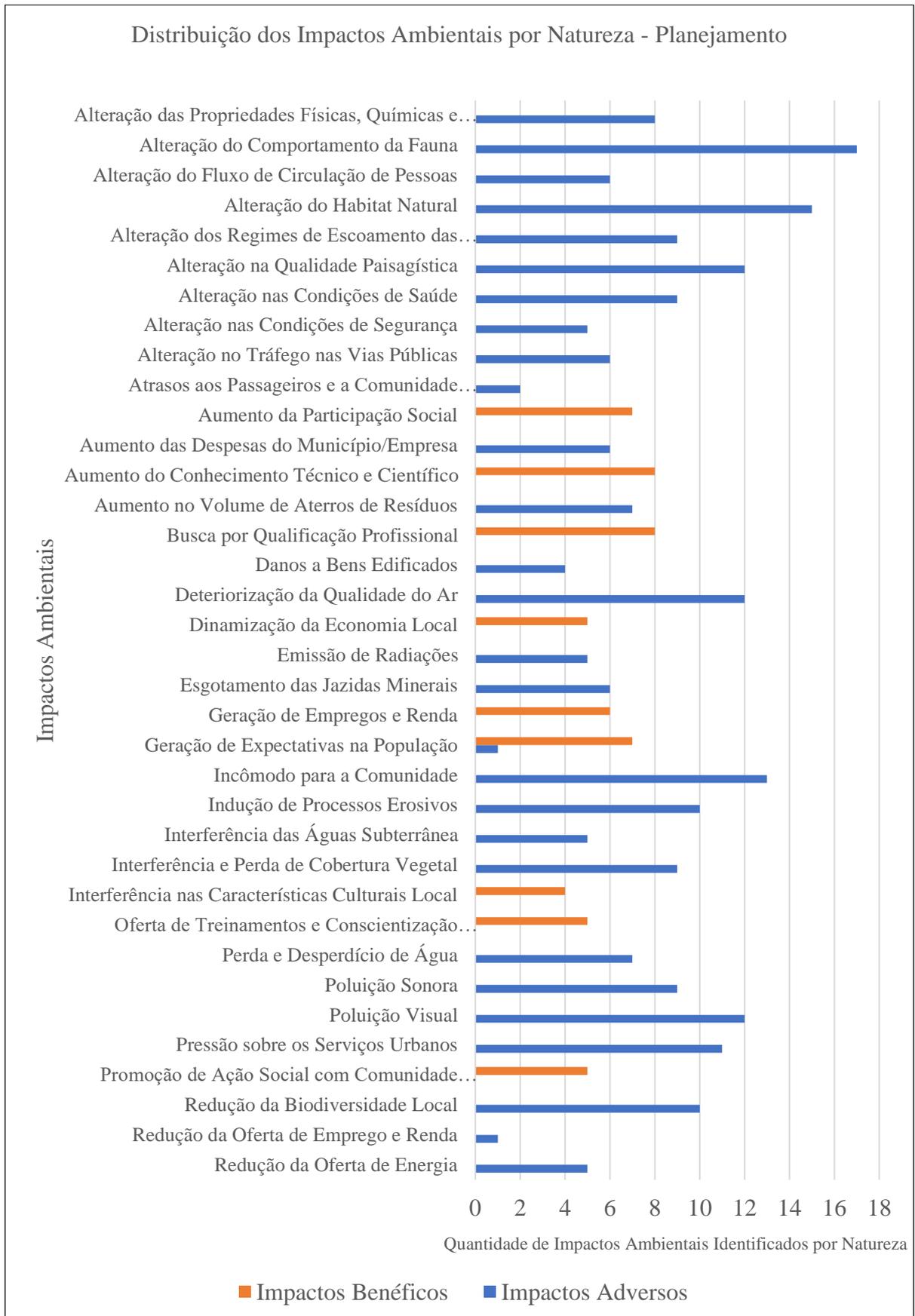
Figura 21 - Distribuição dos impactos ambientais por aspectos na fase de planejamento da obra



Fonte: O autor (2023).

Ao analisar exclusivamente os impactos ambientais identificados durante a fase de planejamento, verificou-se que apenas um impacto ambiental apresentou simultaneidade de natureza. Esse respectivo impacto ambiental é o Geração de Expectativas na População, visto que o mesmo é adverso quando associado ao aspecto ambiental Desmobilização de Pessoas. A Figura 22 ilustra o quantitativo de impactos ambientais por natureza durante a fase de planejamento da obra de SBRF.

Figura 22 - Quantitativo dos impactos ambientais por natureza na fase de planejamento da obra



Fonte: O autor (2023).

Foram verificados durante a fase de construção 31 aspectos ambientais e 33 impactos ambientais, associados a 36 atividades construtivas conforme são apresentados no Quadro 23.

Quadro 23 - Matriz de identificação de aspectos e impactos ambientais da fase de construção da obra do Aeroporto Internacional do Recife/Guararapes Gilberto Freyre (SBRF)

Atividades	Aspectos Ambientais	Impactos Ambientais					
		Meio Abiótico			Meio Biótico		Meio Antrópico
Construção (Landside e Airside)							
Isolamento Provisório e Montagem de Tapumés	Alteração das Propriedades Físicas, Químicas e Biológicas do Solo						
Montagem e Instalação do Camêrio de Obras	Esgotamento das Jazidas Minerais						
Demolição ¹	Indução de Processos Erosivos						
Limpeza e Regularização do Terreno ¹	Deteriorização da Qualidade do Ar						
Locação Topográfica ¹	Emissão de Radiações						
Fresagem de Pavimentos ³	Poliuição Sonora						
Terraplanagem ¹	Alteração do Microclima (Local)						
Plantação de Cobertura Vegetal (Grama) ³	Poliuição Luminosa						
Pavimento Flexível (Asfalto) ³	Alteração dos Regimes de Escoamento das Águas Pluviais						
Pavimento Rígido (Concreto) ³	Perda e Desperdício de Água						
Fundações ¹	Interferência nas Águas Subterrâneas						
Relocação de Equipamentos de Auxílio à Navegação Aérea ³	Alteração do Comportamento da Fauna						
Escavação e Reaterro de Valas ¹	Alteração do Habitat Natural						
Queroduto e PITS de Abastecimento de Aeronaves ³	Redução da Biodiversidade Local						
Drenagem Pluvial ¹	Interferência e Perda de Cobertura Vegetal						
Drenagem Contaminada ³	Atrasos aos Passageiros e a Comunidade Aeroportuária						
Proteção e Realocação de Obras de Artes ³	Alteração do Fluxo de Circulação de Pessoas						
Reforço Estrutural ²	Alteração na Qualidade Paisagística						
Superestrutura (Concreto e Metálica) ³	Alteração nas Condições de Saúde						
Cobertura ²	Alteração nas Condições de Segurança						
Alvenaria ²	Alteração no Tráfego nas Vias Públicas						
Esquadrias e Caixa-lhos ²	Aumento das Despesas do Município/Empresa						
Instalações Prediais (Hidráulica, Elétrica, Telemática, etc.) ¹	Aumento no Volume de Aterros de Resíduos						
Sinalização Horizontal de Pistas e Pátios ³	Danos a Bens Edificados						
Balizamento e Sinalização Vertical de Pistas e Pátios ³	Incômodo para a Comunidade						
Impermeabilização ²	Poliuição Visual						
Revestimento de Paredes e Pisos ²	Risco de Acidentes no Trabalho						
Sistema de Climatização ²	Preservação do Patrimônio Histórico e Cultural						
Ferro e Iluminação ²	Alterações e Redução da Oferta de Voos						
Pintura ²	Geração de Empregos e Renda						
Acabamentos e Acessórios (Louças, Metais, Guarda Corpo, etc.) ³	Pressão sobre os Serviços Urbanos						
Reforma e Adequação de Equipamentos Aeroportuários Existentes ¹	Melhoria da Infraestrutura Aeroportuária Existente						
Montagem de Novos Equipamentos Aeroportuários ¹	Redução da Oferta de Energia						
Adequação ao Sistema Viário de Acesso ao TPS ²							
Limpeza Final e Bota Fora ¹							
Desmontagem do Camêrio de Obras e Instalações Provisórias							
	Alteração do Uso do Solo						
	Circulação de Máquinas, Equipamentos e Veículos						
	Construção de Estrutura Provisória						
	Consumo de Material Natural e/ou Manufaturado						
	Consumo e Desperdício de Água						
	Consumo e Desperdício de Combustível						
	Consumo e Desperdício de Energia						
	Controle da Qualidade						
	Danos a Redes e Instalações Existentes						
	Derramamento e/ou Vazamento de Produto Químico						
	Desperdício de Materiais						
	Emissão de Gases Poluentes						
	Emissão de Material Particulado						
	Emissão de NOTAM *						
	Geração de Resíduos						
	Geração de Ruído						
	Geração de Tráfego						
	Geração de Vibrações						
	Geração e Lançamento de Efluentes						
	Içamento e Movimentação de Cargas						
	Iluminação Artificial						
	Impermeabilização de Superfícies						
	Lançamento de Fragmentos e Centelha						
	Liberação de Odores						
	Perda Incorporada de Materiais						
	Rebaixamento do Lençol Freático						
	Remoção de Edificações						
	Risco de Desmoronamento						
	Serviços de Topografia						
	Supressão Vegetal						
	Testes e Comissionamento						

Legenda ● Atividade de Construção ● Impacto Ambiental Benéfico ● Impacto Ambiental Adverso

1 Atividade Landside e Airside

2 Apenas Atividade Landside

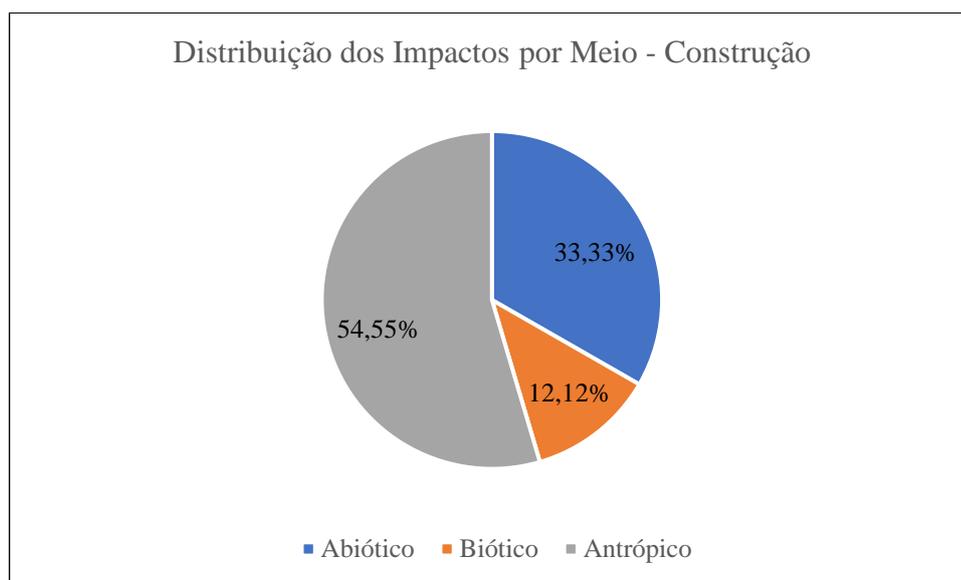
3 Apenas Atividade Airside

* Notice to Airman (Mensagem que divulga alterações e restrições que impactam as operações aéreas)

Fonte: O autor (2023).

Observou-se que a distribuição dos impactos ambientais durante a fase de construção da obra de SBRF ocorre de forma variada, com predominância do meio antrópico, seguido do abiótico e biótico. A Figura 23 ilustra a distribuição dos impactos ambientais ao longo da fase de construção da obra aeroportuária em análise.

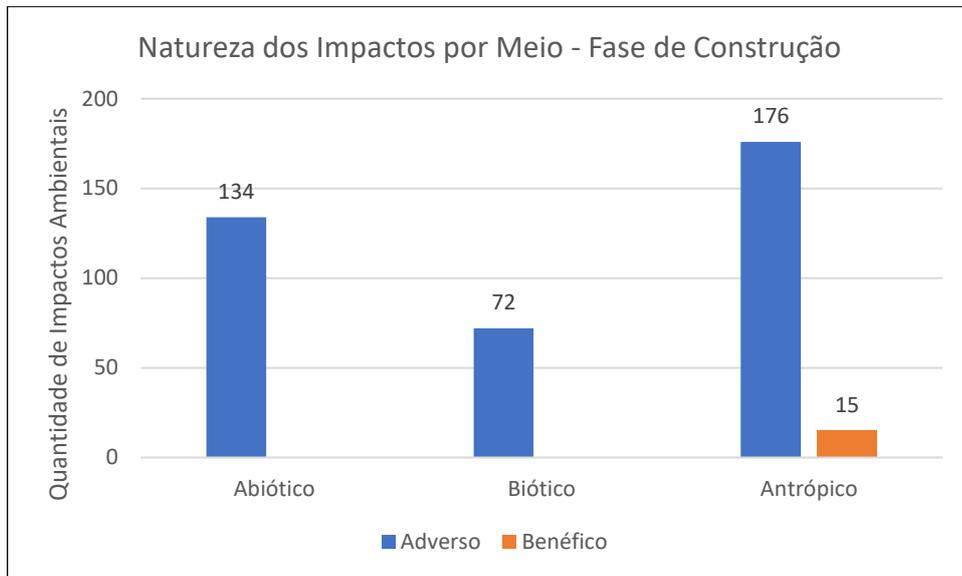
Figura 23 - Distribuição percentual dos impactos ambientais por meio da fase de construção



Fonte: O autor (2023).

Ao analisar os impactos frente aos aspectos ambientais e atividades da fase de construção, identificou-se o acumulado de 397 impactos ambientais. Verificou-se que 96,22% (382) são impactos ambientais de caráter adverso e apenas 3,78% (15) são impactos ambientais de caráter benéfico. A Figura 24 ilustra a distribuição dos impactos ambientais adversos e benéficos por meio durante a fase de construção da obra de SBRF.

Figura 24 - Distribuição dos impactos ambientais por natureza e meio ao longo da fase de construção

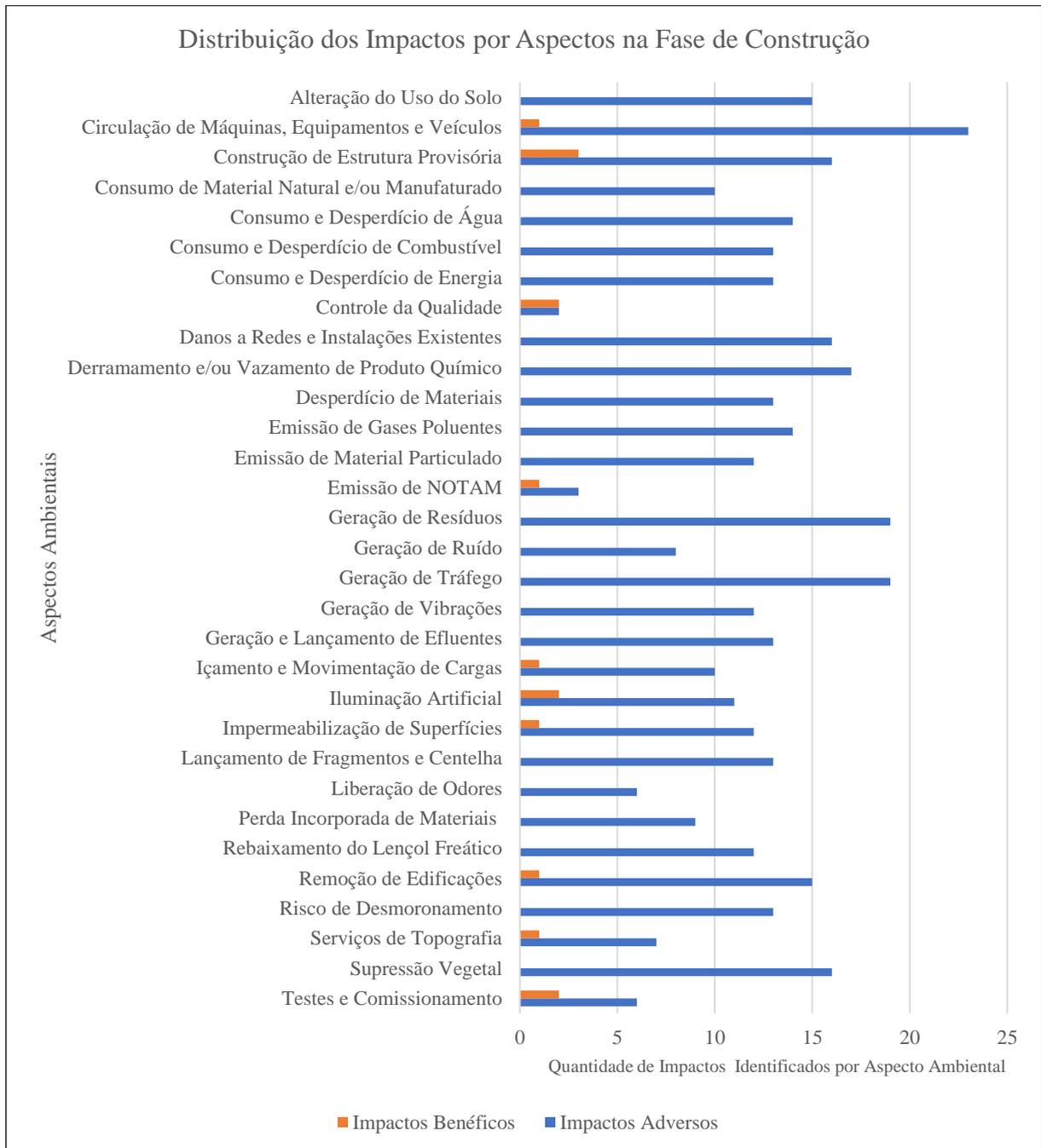


Fonte: O autor (2023).

No Quadro 23, verificou-se que os aspectos ambientais Circulação de Máquinas, Equipamentos e Veículos, Geração de Resíduos e Geração de Tráfego foram os que apresentaram a maior quantidade de impactos ambientais de natureza adversa durante a fase de construção de SBRF. O primeiro é responsável por 23 e os outros dois são causadores de 19 impactos negativos cada. Já o aspecto ambiental Construção de Estrutura Provisória é responsável por 3 impactos ambientais benéficos, seguido dos aspectos Controle da Qualidade; Iluminação Artificial e Testes e Comissionamento são responsáveis por 2 impactos ambientais de natureza positiva.

A Figura 25 ilustra a distribuição dos impactos ambientais frente aos seus respectivos aspectos ambientais durante a fase de construção da obra de SBRF.

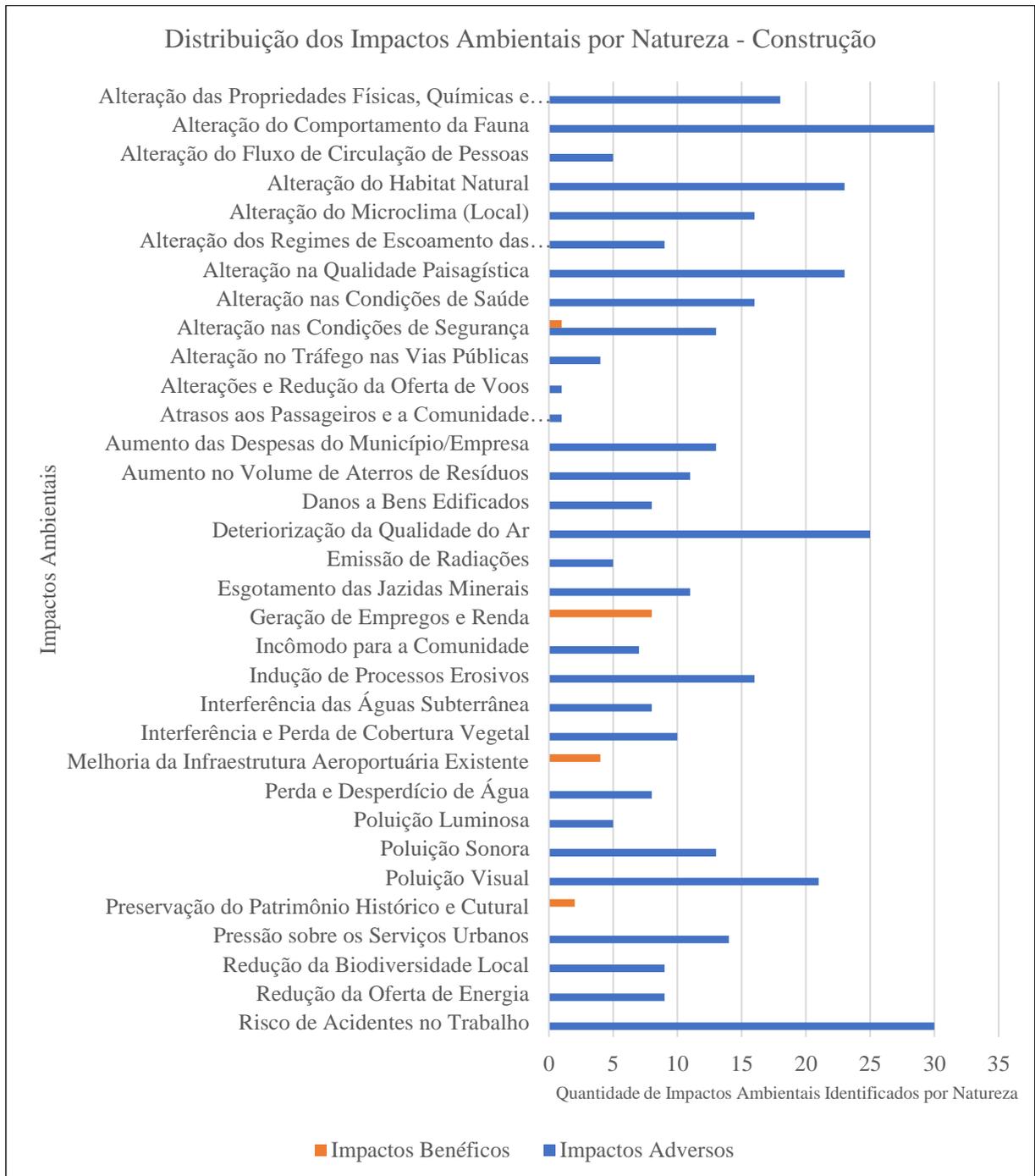
Figura 25 - Distribuição dos impactos ambientais por aspectos na fase de construção de SBRF



Fonte: O autor (2023).

Ao se analisar apenas os impactos ambientais identificados durante a fase construção, averiguou-se que somente um impacto ambiental apresentou simultaneidade de natureza. Esse respectivo impacto ambiental é a Alteração nas Condições de Segurança, visto que ele é benéfico quando associado ao aspecto ambiental Iluminação Artificial. A Figura 26 ilustra o quantitativo de impactos ambientais por natureza durante a fase de construção de SBRF.

Figura 26 - Quantitativo dos impactos ambientais por natureza na fase de construção



Fonte: O autor (2023).

Ao se considerar ambas as fases do projeto de ampliação e reforma de SBRF, verificou-se 45 aspectos ambientais associados a 42 impactos ambientais gerados por 60 atividades distintas. Identificou-se que 27 impactos ambientais são recorrentes em ambas as fases (Quadro 24), 9 e 6 impactos ambientais estão relacionados exclusivamente às fases de planejamento e construção respectivamente (Quadros 25 e 26).

Quadro 24 - Impactos ambientais simultâneos as fases de Planejamento e Construção

Impactos Ambientais Simultâneas as Ambas às Fases	Meio
Alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo	Abiótico
Alteração dos regimes de escoamento das águas pluviais	
Deteriorização da qualidade do ar	
Emissão de radiações	
Esgotamento das jazidas minerais	
Indução de processos erosivos	
Interferência das águas subterrâneas	
Perda e desperdício de água	
Poluição sonora	
Alteração do comportamento da fauna	
Alteração do habitat natural	
Interferência e perda de cobertura vegetal	
Redução da biodiversidade local	Antrópico
Alteração do fluxo de circulação de pessoas	
Alteração na qualidade paisagística	
Alteração nas condições de saúde	
Alteração nas condições de segurança	
Alteração no tráfego nas vias públicas	
Atrasos aos passageiros e a comunidade aeroportuária	
Aumento das despesas do município/empresa	
Aumento no volume de aterros de resíduos	
Danos a bens edificados	
Geração de empregos e renda	
Incômodo para a comunidade	
Poluição visual	
Pressão sobre os serviços urbanos	
Redução da oferta de energia	

Fonte: O autor (2023).

Quadro 25 - Impactos ambientais identificados apenas na fase de planejamento

Impactos Ambientais Exclusivos da Fase de Planejamento	Meio
Aumento da participação social	Antrópico
Aumento do conhecimento técnico e científico	
Busca por qualificação profissional	
Dinamização da economia local	
Geração de expectativas na população	
Interferência nas características culturais local	
Oferta de treinamentos e conscientização ambiental	
Promoção de ação social com comunidade adjacente	
Redução da oferta de emprego e renda	

Fonte: O autor (2023).

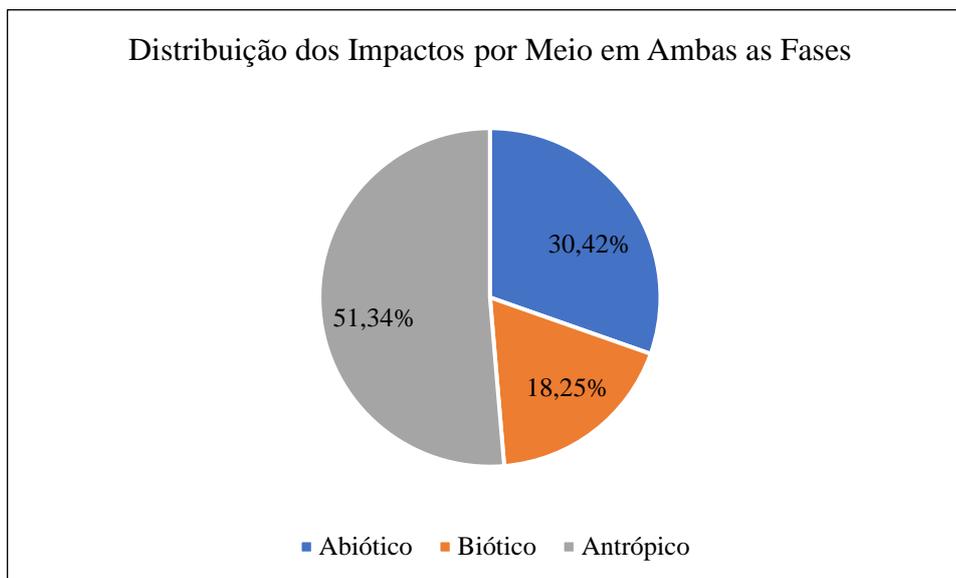
Quadro 26 - Impactos ambientais identificados apenas na fase de construção

Impactos Ambientais Exclusivos da Fase de Construção	Meio
Alteração do microclima (local)	Abiótico
Poluição luminosa	
Alterações e redução da oferta de voos	Antrópico
Melhoria da infraestrutura aeroportuária existente	
Preservação do patrimônio histórico e cultural	
Risco de acidentes no trabalho	

Fonte: O autor (2023).

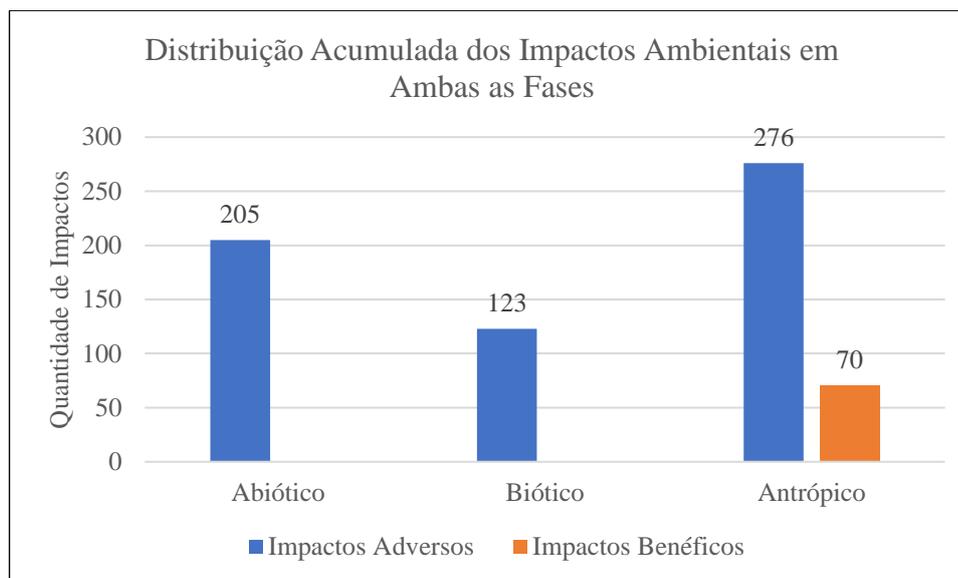
Ao realizar uma análise simultânea de ambas as fases da obra de SBRF e suas respectivas atividades e aspectos ambientais, identificou-se 674 impactos acumulados. A distribuição percentual acumulada dos impactos ambientais em ambas as fases, por meio receptor, é apresentada na Figura 27 e a quantidade de impactos ambientais por meio receptor e natureza é ilustrada na Figura 28.

Figura 27 - Distribuição acumulada dos impactos ambientais por meio receptor em ambas as fases



Fonte: O autor (2023).

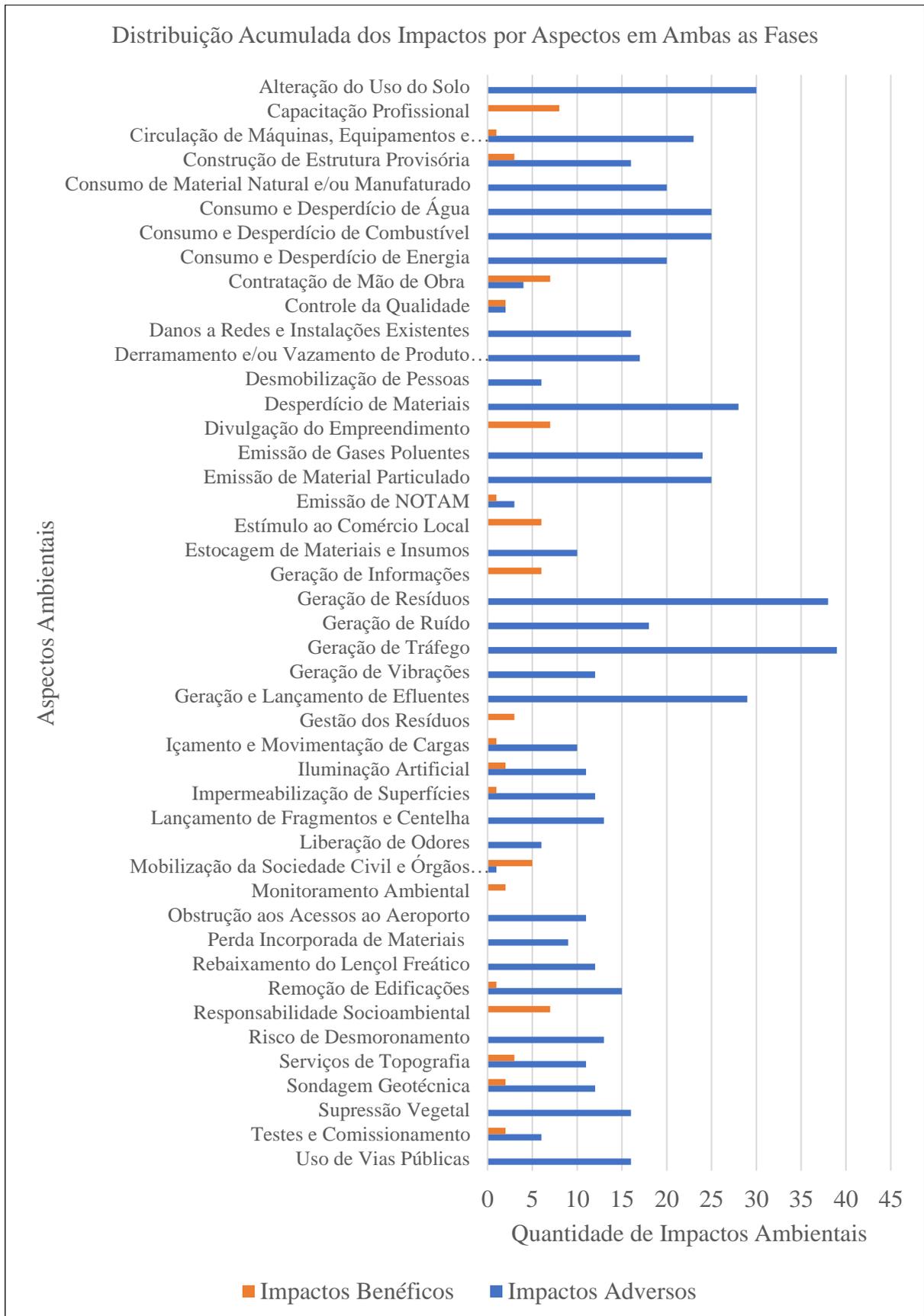
Figura 28 - Quantitativo de impactos ambientais, acumulados, por meio receptor e natureza em ambas as fases



Fonte: O autor (2023).

A partir da análise conjunta dos Quadros 22 e 23 identificou-se que o aspecto ambiental Geração de Tráfego foi o que apresentou a maior quantidade de impactos ambientais acumulados em ambas as fases, totalizando 39 impactos ambientais de natureza adversa. Dentre os aspectos ambientais que são responsáveis por impactos de natureza simultânea, verificou-se que a Circulação de Máquinas, Equipamentos e Veículos foi o que apresentou a maior associação a geração de impactos, contabilizando 24 dos quais 23 são de natureza adversa e 1 é de natureza benéfica. A Figura 29 apresenta a distribuição dos impactos ambientais acumulados frente aos seus respectivos aspectos ambientais ao longo de ambas as fases do projeto de ampliação do SBRF.

Figura 29 - Distribuição dos impactos ambientais por aspectos ao longo de todo o projeto de SBRF

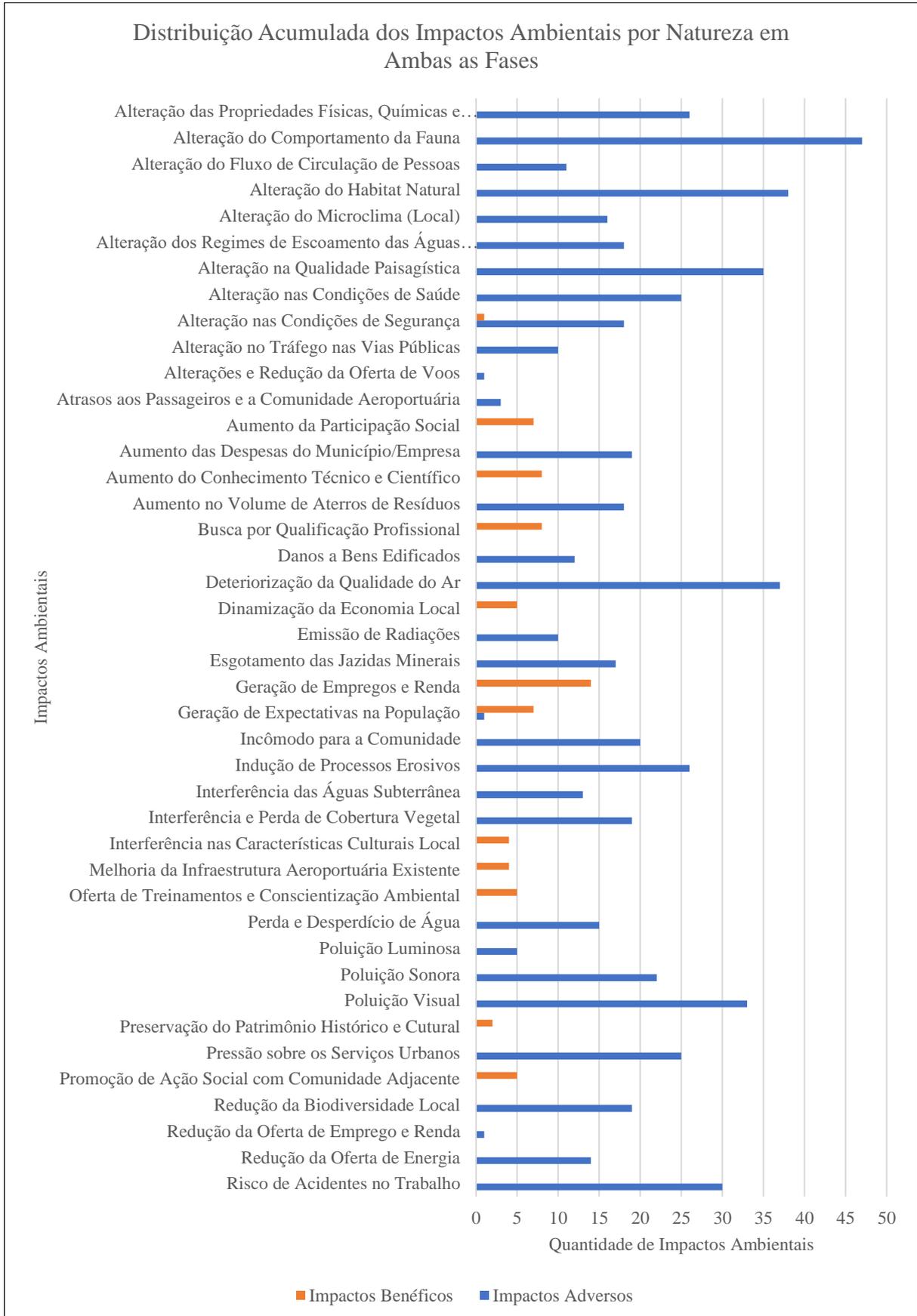


Fonte: O autor (2023).

Ao se analisar os impactos ambientais acumulados identificados nos Quadros 22 e 23, constatou-se simultaneidade de natureza em 2 impactos ambientais (Alteração nas Condições de Segurança e Geração de Expectativas na População). O impacto ambiental Alteração do Comportamento da Fauna, de natureza adversa, foi o que mais vezes foi verificado ao longo da pesquisa e acumulou 47 visualizações. Os impactos Alterações e Redução da Oferta de Voos e Redução da Oferta de Emprego e Renda foram identificados apenas 1 vez cada ao longo de todo o projeto, sendo eles o de menores recorrências.

A Figura 30 ilustra a quantidade acumulada que os impactos ambientais foram diagnosticados ao longo da pesquisa.

Figura 30 - Quantitativo dos impactos ambientais identificados ao longo da obra de SBRF



Fonte: O autor (2023).

Com o objetivo de facilitar o entendimento dos aspectos ambientais identificados ao longo das obras de ampliação de SBRF, descreve-se a seguir, em ordem alfabética, cada um. Constatou-se que todos os aspectos ambientais identificados no empreendimento são significativos, visto que os mesmos possuem vários impactos ambientais relacionados, às atividades construtivas e os impactos ambientais associados a todos os aspectos diagnosticados já foram apresentados anteriormente nos Quadros 22 e 23 para cada uma das fases estudadas.

- Alteração do uso do solo

A alteração do uso do solo durante a obra de ampliação e reforma de SBRF foi verificada em várias atividades, ela está associada à modificação da finalidade do terreno natural ou de uma área já edificada para a construção de uma nova infraestrutura aeroportuária. A Figura 31 ilustra os serviços de terraplanagem, atividade associada ao aspecto ambiental alteração do uso do solo durante as obras de SBRF.

Figura 31 - Execução de terraplanagem na faixa preparada



Fonte: O autor (2022).

- Capacitação profissional

A capacitação profissional é um elemento fundamental para aumentar e garantir melhores índices de produtividade, qualidade, segurança e gestão ambiental de uma obra aeroportuária. Esse aspecto está relacionado à fase de planejamento e apresentou um retorno positivo durante a etapa de construção por promover, em todos os níveis hierárquicos, uma

maior conscientização dos trabalhadores. Verificou-se que até 30 de junho de 2023 as empresas envolvidas no projeto já tinham promovido mais de 26.300 horas de capacitação entre os colaboradores. A Figura 32 evidencia um diálogo de segurança, desenvolvido pelo autor em 09/05/2023, junto a equipe de uma das contratadas pela Aena para a execução da obra. O tema abordado foi a gestão ambiental e sustentabilidade na construção de aeroportos.

Figura 32 - Treinamento realizado para a força de trabalho da obra em estudo



Fonte: O autor (2023).

- Circulação de máquinas, equipamentos e veículos

Esse item está relacionado à movimentação desses recursos no interior do canteiro e nas áreas adjacentes para a execução da obra. Consiste no deslocamento de maquinários pesados (rolo compactador, escavadeira, guindaste, caminhão betoneira, etc), veículos de serviço e equipamentos diversos (plataforma elevatória, empilhadeira, etc) utilizados durante as obras de ampliação do SBRF. A Figura 33 ilustra a circulação de um rolo compactador e uma motoniveladora durante a execução de terraplanagem da expansão do pátio de aeronaves.

Figura 33 - Equipamentos em movimento durante atividade de terraplanagem



Fonte: O autor (2023).

- Construção de estrutura provisória

Esse aspecto ambiental se refere à montagem e instalação de elementos interinos, que são indispensáveis para realizar algumas atividades da construção. Essas estruturas são executadas para atender às necessidades específicas de cada etapa da obra, permitindo o acesso seguro aos locais de trabalho, armazenamento de materiais e proporcionam apoio e funcionalidade durante a fase de construção; incluindo uma extensa variável de subsídios, como: os andaimes, os isolamentos provisórios e tapumes, barracões, almoxarifados, refeitórios, escoramentos, túneis e passarelas de acesso, coberturas insufláveis, entre outros. A Figura 34 apresenta a utilização de andaimes na obra de expansão de SBRF.

Figura 34 - Andaimes fachadeiros para execução da fachada da ampliação do TPS



Fonte: O autor (2023).

Verificou-se que devido ao prazo enxuto do empreendimento e o período chuvoso iniciado em meados do segundo trimestre de 2023 na cidade do Recife, foram instaladas duas coberturas insufláveis para a garantia do cronograma entre a concessionária e a ANAC. A Figura 35 apresenta o interior de uma dessas coberturas ao longo da atividade de pavimentação do pátio de aeronaves, em ampliação, durante um dia de alta pluviosidade.

Figura 35 - Serviço de pavimentação sob cobertura provisória em dia chuvoso

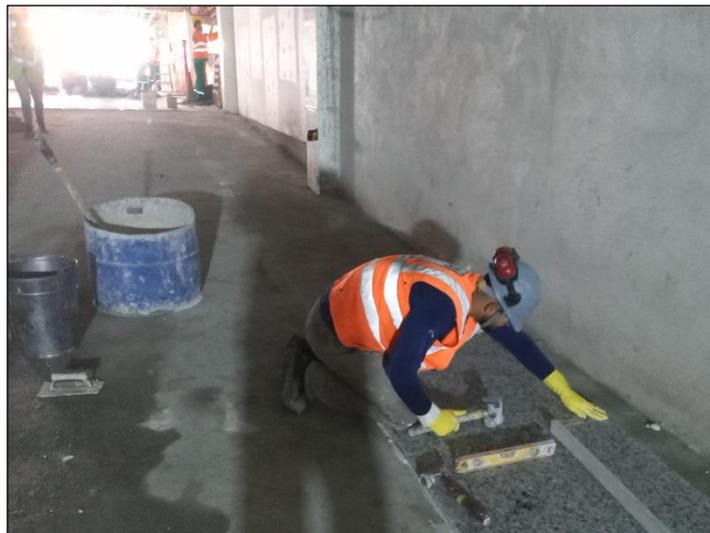


Fonte: O autor (2023).

- Consumo de material natural e/ou manufaturado

Esse aspecto ambiental está diretamente relacionado ao uso de recursos provenientes da natureza ou aqueles produzidos industrialmente para a aplicação na construção civil. Esses itens são essenciais para a execução de qualquer obra, desde os serviços preliminares até a entrega das chaves. Os materiais naturais comumente utilizados em obras aeroportuárias incluem água, brita, areia, madeira, granito e argila; enquanto os materiais manufaturados de maior aplicação nesse tipo de obra são os tijolos, asfalto, tinta, porcelanato, concreto, cabos elétricos, tubos, aço e o vidro. A Figura 36 ilustra o consumo de materiais durante a execução do assentamento de granito no píer em montagem em SBRF.

Figura 36 - Assentamento de granito no corredor de desembarque internacional



Fonte: O autor (2023).

Não foi verificada a disponibilização dessa informação em nenhum dos relatórios emitidos pelas empresas envolvidas no projeto.

- Consumo e desperdício de água

A quantidade de água consumida no canteiro de uma obra é elevada, em especial de um empreendimento com as características da ampliação e remodelação de SBRF. Várias são as atividades que demandam esses recursos para a boa execução de uma obra aeroportuária, como a mistura e produção de concretos e argamassas, compactação de solo, testes de estanqueidade em tubulações e áreas impermeabilizadas, limpeza final da obra e dos equipamentos, higiene

peçoal dos trabalhadores, mitigação e controle de poeiras e material em suspensão, entre outros. No entanto, verificou-se em algumas posições pontuais o desperdício desse recurso natural no canteiro de obras de SBRF, resultando no uso ineficiente do mesmo devido ao uso excessivo, vazamentos, falta de controle ou práticas inadequadas de manejo da água. A Figura 37 evidencia o consumo de água durante a atividade de preparação do assentamento de granito na sala de embarque.

Figura 37 - Uso de água durante limpeza de contrapiso para aplicação de revestimento



Fonte: O autor (2023).

Verificou-se que a obra não faz um controle rigoroso do consumo de água, apenas um fornecedor apresenta esse indicador. Entretanto, percebeu-se que há omissão do volume consumido em 11 meses o que descaracteriza o índice disponibilizado.

- Consumo e desperdício de combustível

Esse aspecto demanda de grande atenção ao longo de uma obra aeroportuária, visto que muitas atividades estão diretamente ligadas ao uso de máquinas e equipamentos movidos a combustão. O consumo e o desperdício de combustível é uma variável que depende da tipologia dos equipamentos utilizados, da distância percorrida pelas máquinas no canteiro de obras e das práticas de gestão ambiental adotadas. Esse item afeta os índices de sustentabilidade do projeto e requer que todos os envolvidos ajam de forma racional para evitar o desperdício. A Figura 38 evidencia máquinas consumindo combustível ao longo da realização da sub-base do pátio de aeronaves.

Figura 38 - Máquinas consumindo combustível durante operação



Fonte: O autor (2023).

Não foi verificada a disponibilização dessa informação em nenhum dos relatórios emitidos pelas empresas envolvidas no projeto.

- Consumo e desperdício de energia

Esse aspecto, que demanda de grande atenção ao longo de uma obra aeroportuária, visto que praticamente todos os serviços, direto ou indiretamente, dependem do uso de energia para alimentar as ferramentas e equipamentos (lixadeira, marteleto, furadeira, máquina de soldas, betoneira, serra circular, entre outros) essenciais para a execução das atividades. Para aumentar as condições de visibilidade, produtividade e a segurança dos funcionários foi necessário a instalação de iluminação artificial de grande potência nas frentes de trabalhos (áreas internas e atividades noturnas). Verificou-se durante os intervalos para as refeições e após o horário do expediente a continuidade da iluminação artificial nas frentes de serviço, o que caracteriza um elevado desperdício de energia durante a obra de ampliação de SBRF conforme ilustra a Figura 39.

Figura 39 - Frente de trabalho iluminada durante horário de almoço



Fonte: O autor (2023).

Não foi verificada a disponibilização dessa informação em nenhum dos relatórios emitidos pelas empresas envolvidas no projeto.

- Contratação de mão de obra

Conforme informação verificada junto ao setor de credenciamento do SBRF, o empreendimento em análise já contribuiu com mais de 6.200 empregos diretos, desde fevereiro de 2020 até o final de junho de 2023 para ambas as fases estudadas. Verificou-se que em 30 de junho de 2023 a quantidade de funcionários em atividade no canteiro de obra de SBRF ultrapassava 1.400 colaboradores, esse número considera o efetivo de todas as empresas contratadas ou subcontratadas pela Aena Brasil. Identificou-se que houve a priorização da contratação de mão de obra local, atendendo a uma das condicionantes ambientais para contribuir com a mitigação dos impactos ambientais adversos de Alteração do Fluxo de Circulação de Pessoas e Alteração no Tráfego das Vias Públicas. Além de colaborar com os impactos ambientais positivos apresentados nos Quadros 22 e 23, porém para algumas atividades específicas a exemplo da montagem do sistema de despacho e restituição de bagagens não foi possível devido à falta de mão de obra habilitada.

- Controle da qualidade

Para garantia do cumprimento das normativas vigentes, dos requisitos técnicos e dos

regulamentos da ANAC, esse aspecto ambiental desempenha um papel fundamental ao longo de uma obra aeroportuária, já que é uma ferramenta essencial para garantir que as especificações do projeto sejam alcançadas e conseqüentemente tem um papel importante para prevenção de falhas construtivas. Além disso, contribui significativamente com o aumento da durabilidade e a vida útil dos elementos edificados, mitigando a necessidade de intervenções e manutenções precoces.

A Figura 40 ilustra alguns corpos de prova de concreto aguardando para serem submetidos aos ensaios de resistência mecânica. Vale destacar que a obra possui um laboratório no próprio canteiro, o que mitiga o aumento do fluxo de veículos nas vias públicas e conseqüentemente na redução no consumo de combustível para coleta das amostras.

Figura 40 - Corpos de prova em cura úmida para ensaios de resistência mecânica



Fonte: O autor (2023).

A Figura 41 mostra a realização do controle da qualidade dos serviços de terraplanagem do pátio de aeronaves. Atividade de grande relevância, devido a projeção de incremento no número de aeronaves de grande capacidade e peso.

Figura 41 - Controle tecnológico dos serviços de terraplanagem



Fonte: O autor (2023).

- Danos às redes e instalações existentes

Ao longo de uma obra de ampliação e reforma de um aeroporto é corriqueiro que alguns elementos existentes sejam danificados devido à alta probabilidade de contato físico entre equipamentos e a infraestrutura existente. Outro item que contribui para a ocorrência desse aspecto é a falta de informações ou cadastro das interferências existentes, em especial das redes embutidas ou enterradas (água, esgoto, gás, telemática etc.) conforme ilustra a Figura 42.

Figura 42 - Danos à rede elétrica enterrada durante escavação mecanizada



Fonte: O autor (2023).

Verificou-se que a INFRAERO não forneceu toda documentação técnica do sítio aeroportuário para a atual administradora do SBRF, o que tem dificultado a identificação de alguns elementos e conseqüentemente causando danos ao longo do empreendimento.

- Derramamento e/ou vazamento de produto químico

Percebeu-se que ao longo de um projeto com a magnitude da ampliação e reforma de SBRF, que possui uma extensa frota de máquinas, equipamentos e veículos em movimentação e operação por 24 horas por dia, é praticamente impossível não ocorrer o derramamento e/ou vazamento de algum produto químico. É importante realçar que mesmo priorizando o uso de equipamentos novos e o cumprimento do plano de manutenção desses dispositivos, verificou-se o derramamento por meio da lavagem da água de chuva do óleo hidráulico do guindauto de um caminhão, conforme é observado na Figura 43. Pois, o vazamento desses produtos pode gerar impactos ambientais de grande intensidade a depender do produto envolvido, da quantidade liberada e das medidas de respostas. Foi observado que o respectivo aspecto ambiental foi mitigado de maneira imediata através do uso de uma bacia de contenção, essa conduta é reflexo dos variados treinamentos que as empresas envolvidas ofertam aos seus funcionários.

Figura 43 - Contenção de água contaminada por óleo hidráulico de caminhão muncck



Fonte: O autor (2023).

- Desmobilização de pessoas

Conforme as etapas da obra avança, a desmobilização de parte da mão de obra acontece e ela é concluída ao término do projeto. Esse processo faz parte da dinâmica de qualquer obra e com a expansão e reforma de SBRF não é diferente. Segundo análise dos dados disponibilizados pelo setor de credenciamento para essa pesquisa, verificou-se que já foram desmobilizados até o período de coleta de dados cerca de 77,42% de toda mão de obra contratada para o empreendimento.

- Desperdício de materiais

Infelizmente o desperdício de materiais ainda é muito recorrente na construção civil, e esse aspecto foi identificado ao longo das obras de expansão e remodelação de SBRF conforme é ilustrado na Figura 44. Verificou-se o desperdício de materiais em várias frentes de serviço, devido a diversos fatores, como: a movimentação inadequada dos produtos, o emprego ineficiente dos recursos durante o processo construtivo, falhas durante o armazenamento, entre outros. O desperdício de materiais, além de gerar os impactos ambientais identificados e apresentados nos Quadros 22 e 23, também contribui para a extensão do prazo da obra e isso pode ocasionar um desequilíbrio econômico ao construtor e a insatisfação do contratante.

Figura 44 - Desperdício de bloco de concreto durante execução de alvenaria

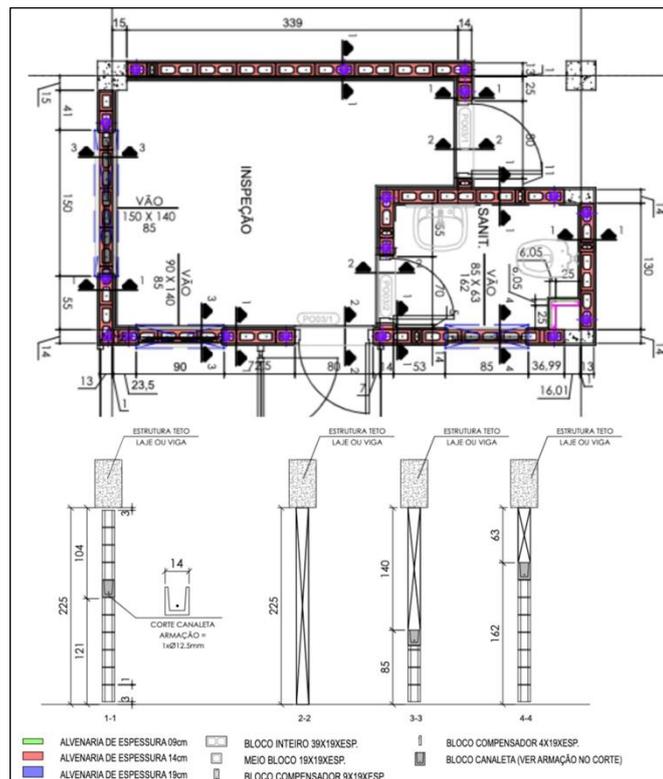


Fonte: O autor (2023).

Foi verificado na literatura (Gasques *et al.* (2014)) que parte do desperdício dos

materiais em uma obra é motivado pela deficiência de detalhamento nos projetos. Vale destacar que o empreendimento em análise possui projeto de paginação para alvenarias, pisos, forros e demais elementos com o objetivo de reduzir o desperdício dos materiais. Verificou-se, que ainda falta maior engajamento ambiental por parte dos operários e da liderança das equipes de produção para eliminar e reduzir a perda desses recursos. A Figura 45 ilustra um recorte do projeto de vedações, com a indicação da disposição dos blocos de maneira otimizada.

Figura 45 - Planta de paginação da alvenaria da sala de inspeção



Fonte: O autor, adaptado de Aeroportos do Nordeste do Brasil (2022) [Documento particular de obra].

Não foi verificada a disponibilização dessa informação em nenhum dos relatórios emitidos pelas empresas envolvidas no projeto.

● Divulgação do empreendimento

A divulgação de um empreendimento como a ampliação de um aeroporto é de grande relevância para todas as partes envolvidas, visto que é possível ouvir a comunidade adjacente, os órgãos e autarquias públicas competentes e concessionárias de serviços públicos e identificar e mitigar os potenciais impactos que o projeto pode gerar a todos os *stakeholders*. Esse aspecto

gera impactos ambientais positivos, já que a ampliação da infraestrutura aeroportuária é uma obra de grande importância a nível local, estadual e nacional. Pois gera muitos benefícios, em especial ao turismo e a soberania nacional, já que os aeroportos são considerados estruturas estratégicas para defesa de um país.

A Figura 46 evidencia a divulgação dos investimentos em SBRF no *website* do Ministério do Turismo.

Figura 46 - Anúncio das obras de SBRF pelo Ministério do Turismo



Fonte: Ministério do Turismo (2021).

- Emissão de gases poluentes

Percebeu-se que a emissão de gases poluentes ao longo da obra em análise ocorreu em várias frentes de serviços e de diversas maneiras, tais como: o consumo de combustíveis fósseis (por meio dos maquinários, equipamentos e veículos utilizados para a execução das atividades e a geração de energia), tintas e solventes, soldagem de tubulações e estrutura metálica, utilização de adesivos durante os serviços de instalações hidrossanitárias e resinas químicas. É possível verificar na Figura 47 emissão de gases poluentes durante atividade de concretagem do pavimento do TPS.

Figura 47 - Emissão de gases poluentes por equipamentos durante atividades de concretagem



Fonte: O autor (2023).

Não foi verificada a disponibilização dessa informação em nenhum dos relatórios emitidos pelas empresas envolvidas no projeto.

- Emissão de material particulado

Outro aspecto identificado durante a execução das obras de ampliação e remodelação de SBRF foi a emissão de material particulado. Esse item foi verificado em várias atividades e o mesmo está associado a diversos impactos ambientais conforme já sinalizados nos Quadros 22 e 23. O material particulado basicamente é composto de partículas líquidas ou sólidas em suspensão no ar, que apresentam variação de composição e dimensão. Na Figura 48 é possível verificar a emissão de material em suspensão durante a execução de fresagem de pavimento asfáltico.

Figura 48 - Emissão de material particulado durante fresagem de pavimento



Fonte: O autor (2023).

Não foi verificada a disponibilização dessa informação em nenhum dos relatórios emitidos pelas empresas envolvidas no projeto.

- Emissão de NOTAM

De acordo com o Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC) nº154/2021, emenda nº 07, NOTAM é um aviso ao aeronavegante com informações relativas ao estabelecimento, condição ou modificação das instalações, serviços e procedimentos ou perigos aeronáuticos, cujo conhecimento é indispensável à segurança, eficiência e rapidez da navegação aérea.

O SBRF é um aeroporto internacional que funciona 24 horas por dia e 365 dias por ano, logo para a execução das obras *Airside* e determinadas atividades *Landside* (devido ao uso de equipamentos que viola a zona de proteção aérea, a exemplo de guindastes e máquina perfuratriz) foi necessário a emissão de diversos NOTAMs, alguns inclusive com fechamento total da PPD por períodos de até 6 horas, conforme é possível verificar no site a seguir: <https://aisweb.decea.mil.br/?i=notam>. A emissão de NOTAM pode causar a redução da oferta de voos e assentos, demandando que as atividades envolvidas sejam muito bem planejadas e apresentem um elevado controle da qualidade para garantir a assertividade dos serviços sem a necessidade de prorrogação ou a emissão de um novo NOTAM.

A Figura 49 ilustra o recuo (hachura vermelha) da cabeceira 36 ocorrido entre 15/04/2023 e 17/05/2023 para implantação da nova configuração da PPD.

Figura 49 - Ilustração do recuo da cabeceira 36 devido NOTAM



Fonte: O autor, adaptado de Google Earth (2023).

Verificou-se que devido à variabilidade climática, como a elevada pluviosidade ocorrida na cidade do Recife ao longo dos anos de 2022 e 2023, os serviços *Airside* foram impactados gerando atrasos no cronograma do projeto, o que demandará da emissão de um novo NOTAM para a conclusão das intervenções previstas no Contrato de Concessão nº 001/ANAC/2019 – Bloco Nordeste (ANAC, 2019).

- Estímulo ao comércio local

A expansão de um aeroporto, como SBRF, é um fator de estímulo para o comércio local devido aos efeitos positivos que essa tipologia de projeto traz, como a geração de empregos, renda e conseqüentemente uma maior circulação financeira na região beneficiada pelo investimento. Foi percebido que esse processo colabora com a demanda de serviços e aquisições de forma direta pela própria obra, bem como pelos trabalhadores, o que eleva as vendas e a aditividade econômica local. Foi verificado que o projeto já contribuiu com a contratação de 198 empresas diretas (contratadas e subcontratadas) e de várias outras de maneira indireta.

- Estocagem de materiais e insumos

Para garantir a continuidade das atividades de uma obra aeroportuária, é fundamental que os recursos sejam estocados em áreas próximas à região de aplicação e que os mesmos estejam acondicionados de maneira que preservem as suas características e minimizem o desperdício. Observou-se que estocar materiais no *Airside* é um grande desafio imposto por uma obra aeroportuária, devido às exigências normativas de segurança operacional de um

aeródromo. A Figura 50 ilustra um depósito de armazenamento de aço nas proximidades da expansão do TPS.

Figura 50 - Área de estocagem de materiais e insumos próximo ao ponto de aplicação



Fonte: O autor (2023).

- Geração de informações

Ao divulgar para a sociedade a execução de um empreendimento como a expansão de SBRF são criadas várias expectativas para a população local e regional. Verificou-se que esse aspecto ambiental é muito relevante, visto que é possível uma maior participação de todas as partes interessadas no projeto. Permitindo um diálogo entre o administrador aeroportuário e a comunidade, onde foi possível esclarecer o projeto, sanar as dúvidas e contribuir nas tomadas de decisões de maneira participativa.

Para obtenção das licenças de obras, a concessionária realizou uma pesquisa junto aos moradores circunvizinhos ao empreendimento de modo a obter maiores conhecimentos e informações detalhadas da sociedade. A Figura 51 apresenta o folder que foi utilizado durante o período de entrevistas para elaboração do Relatório Preliminar Ambiental e do Estudo de Impacto de Vizinhança. Além disso, o respectivo empreendimento também passou pelo processo de audiência pública junto ao Conselho de Desenvolvimento Urbano da Prefeitura do Recife.

Figura 51 - Folder distribuído durante pesquisa com a vizinhança

AMPLIAÇÃO DO AEROPORTO DO RECIFE

O que a vizinhança precisa saber sobre a segunda etapa das obras

A AENA Brasil realiza estudos de Meio Ambiente e Planejamento Urbano para as obras de ampliação do Aeroporto Internacional do Recife Guararapes - Gilberto Freyre.

Os investimentos compõem a segunda fase do Plano de Gestão da Infraestrutura dos Aeroportos do Nordeste do Brasil com cronograma de 2021 a 2023 e início da operação para 2023.

A Ampliação dos Pátios de Aeronaves, do Terminal, vias de acesso e de serviço, dentre outras, objetivam a melhoria da capacidade operacional, segurança e conforto dos passageiros.

O Terminal de Passageiros (TPS) possui área construída aproximada de 56.375,46m², distribuída em três pavimentos. Após a ampliação e reformas passará a ter 79.428,75m². A área de hangares existente será desativada e demolida. Esta área receberá a construção da ampliação do pátio de aeronaves e uma nova área de hangares será construída do outro lado da pista de pouso e decolagem.

Todas as intervenções ocorrem dentro dos limites da área aeroportuária e não alteram os serviços prestados à população e nem as áreas públicas e particulares do entorno.

VOCÊ SABIA?
A projeção de demanda anual prevista para 2023 é de 9,4 milhões de passageiros.

aena

Dúvidas, críticas ou sugestões
meioambiente@aenabrasil.com.br
ouvidoria.aenabrasil.com.br

Fonte: Relatório Ambiental Preliminar (2021).

- Geração de resíduos

Esse aspecto ambiental, infelizmente, ainda é uma realidade muito comum nas atividades de ampliação e remodelação de um aeroporto. Ao longo da obra de SBRF, foi notório que a geração de resíduos esteve correlacionada a todas as atividades durante a fase de construção. Percebeu-se que esse aspecto apresentou uma maior prevalência nas frentes de trabalho associadas à reforma do TPS no *Landside* e da demolição dos hangares no *Airside*. A Figura 52 ilustra uma pilha de resíduos gerados durante as atividades de modernização do TPS.

Figura 52 - Resíduos gerados durante demolição de áreas internas do TPS



Fonte: O autor (2022).

Verificou-se que a geração de resíduos da construção foi reduzida pela metodologia construtiva enxuta, racionalizada e modular, estando de acordo com o verificado na literatura por vários autores tais como Senger e Tavares (2016), Borja (2019), Ribeiro *et al.* (2021) e Falcão *et al.* (2022). Destaca-se que esse aspecto possui um monitoramento e controle rigoroso, até o dia 30 de junho de 2023 o empreendimento em estudo já havia gerado cerca de 28 mil toneladas de resíduos. Observou-se que os resíduos metálicos são segregados e destinados para a reciclagem.

- Geração de ruído

Devido às características da obra de SBRF, verificou-se que muitas atividades produzem ruídos ocasionados pela movimentação dos equipamentos, demolições e as próprias atividades de construção propriamente dita. Foi percebido uma simultaneidade de vários agentes geradores de ruídos ao longo de uma mesma tarefa, o que aumenta os índices de desconforto ao meio biótico. A Figura 53 ilustra vários equipamentos em operação e emitindo ruídos durante a execução da terraplanagem da ampliação do TPS.

Figura 53 - Emissão de ruídos por equipamentos em atividade de terraplanagem



Fonte: O autor (2023).

Foi verificado que as empresas envolvidas no processo fazem a mensuração e controle dos ruídos, em especial no interior do TPS.

- Geração de tráfego

Verificou-se que o empreendimento em estudo foi responsável pela geração de tráfego de veículos nas vias de acesso ao SBRF. Apesar do plano logístico da obra priorizar a entrega de materiais em horários de baixa movimentação de aeronaves e passageiros, foi identificado ao longo do projeto que essa prioridade não é cumprida para a entrega de concreto conforme é ilustrado na Figura 54 um caminhão betoneira gerando tráfego. Outro elemento identificado foi o aumento do fluxo de veículos para região do aeroporto durante a fase de construção, motivados pelo elevado quantitativo de funcionários envolvidos no projeto.

Figura 54 - Tráfego de veículos gerado por fornecimento de materiais



Fonte: O autor (2023).

- Geração de vibrações

Foi identificado que a presença de vibrações é um aspecto comum na obra de SBRF devido às suas características, como o uso de máquinas pesadas a exemplo de demolidores hidráulicos e de rolos compactadores conforme ilustra a Figura 55. Verificou-se que a vibração é propagada normalmente pelo solo e nas estruturas próximas à atuação desses equipamentos.

Figura 55 - Vibração gerada pela compactação do solo para construção de taxiway



Fonte: O autor (2023).

- Geração e lançamento de efluentes

A produção e lançamento de efluentes foi um aspecto identificado durante a análise da obra em estudo, verificou-se a presença de sanitários fixos e móveis distribuídos em todas as áreas de intervenção de SBRF. Esse tipo de resíduo é gerado pelos operários e o mesmo é coletado e destinado por empresa especializada e legalizada, a Figura 56 ilustra dois sanitários móveis na frente de trabalho. Além disso, toda a lavagem de equipamentos como, os caminhões betoneiras e ferramentas também são responsáveis pela emissão de efluentes.

Figura 56 - Sanitários químicos alocados no canteiro de obra



Fonte: O autor (2023).

- Gestão dos resíduos

O empreendimento em análise detém um plano de gestão dos resíduos e faz a destinação deles conforme preconiza a legislação vigente. Como boa prática ambiental, verificou-se a desmontagem preliminar de alguns materiais para posterior reaproveitamento antes da demolição efetiva dos hangares que feriam a zona de transição da cabeceira 18 e da região onde o pátio de aeronaves está sendo ampliado. Além disso, foi verificada a reciclagem de resíduos de construção e demolição para execução de aterros em áreas que demandem menor capacidade de esforços dos pavimentos (Figura 57).

Figura 57 - Aterro realizado com material reciclado oriundo da demolição dos hangares



Fonte: O autor (2022).

Entretanto verificou-se que a segregação dos resíduos em algumas, pontuais, frentes de trabalho apresentavam deficiências por uma questão meramente comportamental. Conforme é observado na Figura 58 o projeto dispõe de coletores distribuídos devidamente identificados e promove através de treinamentos a importância da correta separação. Percebe-se que mesmo com todos os recursos mencionados acima, a variável ser humano ainda apresenta dificuldades quanto a esse aspecto e essa dissertação sugere, uma ação governamental e socioambiental como a inclusão de matérias de gestão ambiental nas fases iniciais da educação infantil.

Figura 58 - Coletores de resíduos devidamente identificados



Fonte: O autor (2023).

Conforme mencionado anteriormente, a obra possui um robusto controle dos resíduos gerados.

- Içamento e movimentação de cargas

Devido às especificidades da obra em estudo, verificou-se que o içamento e movimentação de cargas foi uma atividade muito recorrente para atender as necessidades de levantar, deslocar e posicionar peças de grandes dimensões e peso. Foi observado a utilização de guindastes, caminhão *Munck*, paleteiras e empilhadeiras ao longo desse aspecto ambiental. A Figura 59 apresenta uma operação de içamento e movimentação de uma viga durante a montagem da estrutura metálica de cobertura da ampliação do TPS e a Figura 60 ilustra a retirada, para reforma e adequação, de uma das pontes de embarque existentes.

Figura 59 - Montagem de viga metálica com uso de guindaste



Fonte: O autor (2023).

Figura 60 - Remoção de ponte de embarque existente para adequação



Fonte: O autor (2023).

- Iluminação artificial

O uso da iluminação artificial na construção civil de aeroportos é muito comum devido ao volume de atividades executadas em ambientes com baixa iluminação natural e principalmente pelas atividades realizadas durante a noite. Esse aspecto é fundamental para o bom andamento dos serviços, pois proporciona maior condição de segurança nas frentes de trabalho, aumenta a produtividade dos operários independente das condições de luz solar disponível. A Figura 61 ilustra o uso de iluminação artificial durante atividades noturnas no *Airside*.

Figura 61 - Pavimentação de *taxiway* executada com uso de iluminação artificial



Fonte: O autor (2023).

- Impermeabilização de superfícies

A impermeabilização é um procedimento realizado em áreas molhadas para garantir a proteção e durabilidade das estruturas contra infiltração de água, umidade e outros agentes agressivos. Ela também tem a função de prevenir contra a corrosão das armaduras e da formação de micro-organismos. A Figura 62, ilustra uma sala técnica de SBRF impermeabilizada durante o teste de estanqueidade.

Figura 62 - Teste de estanqueidade após impermeabilização da sala de ar-condicionado



Fonte: O autor (2023).

Além da impermeabilização das áreas molhadas mencionadas anteriormente, devido às particularidades de uma obra aeroportuária, foi verificada a impermeabilização de áreas externas por meio da ampliação do pátio de aeronaves, prolongamento dos filetes das *taxiway*, aumento do acostamento da PPD, construção de vias de serviço, entre outros elementos. A Figura 63 ilustra a execução do prolongamento do filete da *taxiway* C.

Figura 63 - Impermeabilização do terreno natural com asfalto para prolongamento de filete

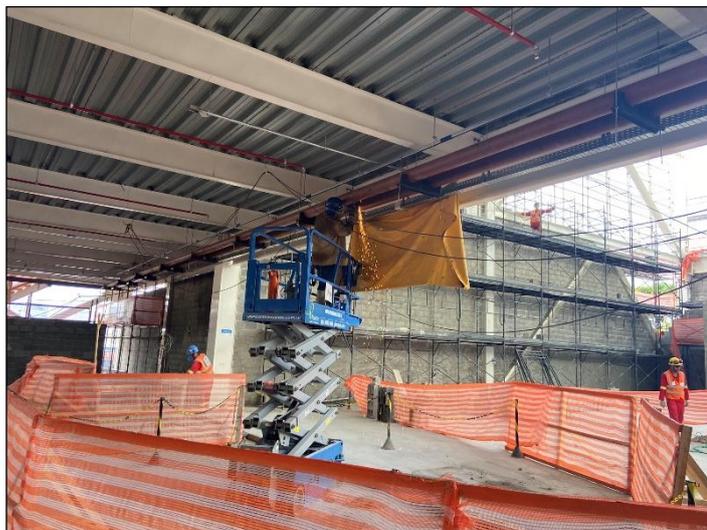


Fonte: O autor (2022).

- Lançamento de fragmentos e centelha

Durante a montagem das tubulações do sistema de água gelada, da rede de combate a incêndio, dos equipamentos aeroportuários e dos itens de serralheria de SBRF, verificou-se o lançamento de fragmentos e centelhas devido execução de soldas e o uso de ferramentas como as lixadeiras. Esse aspecto, além de negativo, é perigoso já que pode propagar incêndio nas frentes de serviço. A Figura 64 ilustra a emissão de faíscas, protegida por lona antichama, durante a montagem da rede de combate a incêndio na ampliação do TPS.

Figura 64 - Liberação de fragmentos e centelha durante instalação de rede de combate ao incêndio



Fonte: O autor (2023).

- Liberação de odores

Ao longo da obra foi percebido a liberação de odores em várias atividades conforme já indicado no Quadro 23. Esse aspecto é negativo e interfere no bem-estar da comunidade aeroportuária, bem como dos passageiros e dos fornecedores. A Figura 65 ilustra a fabricação da tubulação do queroduto, onde os tubos foram soldados e emitiram mal cheiro devido à queima do eletrodo.

Figura 65 - Liberação de odores durante soldagem da rede de queroduto



Fonte: O autor (2023).

- Mobilização da sociedade civil e órgãos intervenientes

Um empreendimento como a expansão e remodelação de um aeroporto como o SBRF mobiliza as partes interessadas no projeto, visto que o investimento contribui para o desenvolvimento local e regional em diversos setores. Esse aspecto ambiental é fundamental, pois envolve a participação ativa da comunidade e dos órgãos públicos junto à concessionária responsável pela administração do aeroporto. Onde todos os *stakeholders* têm a oportunidade de contribuírem para o bom andamento do projeto e consequentemente as chances de mitigação dos impactos são ampliadas.

A Figura 66 ilustra a anuência de viabilidade técnica emitida pela COMPESA para obtenção da licença de obra.

Figura 66 - Declaração de Viabilidade do Empreendimento emitida pela COMPESA

19/01/2022 16:58	SEU/GOVPE - 20630394 - GOVPE - Declaração
	
<p>GOVPE - Declaração Processo SEI nº 0060500584.000145/2021-11</p>	
<p>DECLARAÇÃO DE VIABILIDADE DE EMPREENDIMENTO (SAA) GNM CENTRO SUL Nº 55 / 2021.</p>	
<p>Jaboatão dos Guararapes, 19 de Janeiro de 2022.</p>	
<p>À</p> <p>AEROPORTOS DO NORDESTE DO BRASIL S.A. (AENA BRASIL)</p>	
<p>Em resposta à solicitação de V. Sa., através de correspondência recebida em 20 de Dezembro de 2021, RA Nº 59798174, matrícula 66452581, comunicamos que para o Empreendimento relacionado à obra de Reforma e Ampliação do Aeroporto do Recife, localizado na Praça Ministro Salgado Filho, s/nº, Ibura, Recife, PE, haverá viabilidade para a Vazão de 672 m³/dia solicitada.</p>	
<p>O Empreendimento será abastecido pelo ramal de ligação de água atual (O ramal atual são duas redes: Uma de DN 150 mm em DEFOFO e outra DN 100 mm em PBA que estão interligadas ao hidrômetro da matrícula citada), mantendo-se a reservação citada no item 3 (três) - Descrição do Sistema no Memorial Descritivo do projeto Básico do Aeroporto do Recife (reservatório de 2000 m³), anexado ao pedido de Viabilidade Técnica de Água.</p>	
<p><u>Em tempo, devido à grande demanda nesta localidade e às variações de pressões na rede de distribuição que podem ocorrer no abastecimento, recomendamos construir um reservatório inferior enterrado para ter uma maior viabilidade do fornecimento de água tratada. O sistema predial de água fria interno deve ser do tipo indireto e com bombeamento.</u></p>	
<p>Quanto ao regime de abastecimento, a área onde o empreendimento será construído segue calendário de abastecimento divulgado no site http://servicos.compesa.com.br/calendario-de-abastecimento-da-compesa.</p>	
<p>Essa Declaração recebeu a anuência da Gerência de Controle Operacional do documento 20127856.</p>	

Fonte: Recife (2022).

- Monitoramento ambiental

A legislação brasileira obriga o monitoramento ambiental das atividades da construção civil, em especial para empreendimentos de grande porte como é o caso de SBRF. Esse aspecto apresenta o objetivo de controlar e avaliar os danos causados pela obra ao meio ambiente, de maneira a garantir o cumprimento das leis ambientais e adoção de medidas de proteção ambiental durante a fase de construção. Esse monitoramento é fundamental para a preservação e sustentabilidade e converge com as boas práticas das diretrizes de gestão ambiental.

No decorrer das obras foi verificado o monitoramento da qualidade da água, emissão de ruídos, geração de resíduos, dos gases atmosféricos, entre outros, pelas organizações envolvidas. O Quadro 27 ilustra a relação dos procedimentos, de um fornecedor de equipamentos aeroportuários, para o monitoramento ambiental.

Quadro 27 - Relação de procedimentos para o monitoramento ambiental

Procedimentos de Monitoramento Ambiental
Controle de documentação e registros
Não conformidades, ações corretivas e preventivas
Não qualidades, ações corretivas e preventivas
Identificação de requisitos legais e outros compromissos aplicáveis em projetos internacionais
Identificação e avaliação de aspectos ambientais
Monitoramento e medição
Competência, conscientização e treinamento
Identificação e resposta a potenciais acidentes e emergências
Controle de resíduos não perigosos
Controle de resíduos perigosos
Controle de ruído
Controle de derramamento
Controle de emissões
Controle de consumo

Fonte: O autor, adaptado de Aeroportos do Nordeste do Brasil (2023) [Documento particular de obra].

- Obstrução aos acessos ao aeroporto

Devido ao alto volume de circulação de veículos, máquinas e equipamentos ao longo da obra de SBRF, observou-se que o acesso ao aeroporto é obstruído de forma corriqueira. Apesar do planejamento prever que a execução dos serviços e que o recebimento de materiais ocorra em horários diferentes as horas de pico de passageiros, bem como a presença constante de sinalização e de sinaleiros (pare e siga) nessa região para mitigar os danos, foi possível verificar

que ainda assim o acesso ao TPS era obstruído mesmo que parcialmente conforme é ilustrado na Figura 67. Esse aspecto foi responsável por gerar vários inconvenientes aos viajantes durante a fase de construção.

Figura 67 - Obstrução ao acesso de SBRF durante revitalização da sinalização do sistema viário



Fonte: O autor (2023).

Com o objetivo de reduzir os impactos adversos que o empreendimento pode gerar aos usuários, como a perda do voo devido a atrasos gerados pela interdição parcial do acesso ao SBRF, a administradora aeroportuária firmou parceria com as companhias aéreas para que os passageiros fossem comunicados da execução da obra antes mesmo da realização do check-in através do envio de e-mail conforme ilustra a Figura 68.

Figura 68 - Alerta enviado com antecedência pela empresa aérea sobre a obra



Fonte: O autor (2023).

- Perda incorporada de materiais

Conforme abordado no capítulo 2 desta dissertação, o desperdício de materiais em uma obra é elevado e uma fração desse prejuízo está diretamente relacionada a perda incorporada no transporte, no descarregamento, na armazenagem e até mesmo no manuseio dos mesmos. A Figura 69 apresenta a perda incorporada de argamassa no armazenamento e no descarte das embalagens.

Figura 69 - Perda de materiais incorporada nas embalagens de argamassa



Fonte: O autor (2023).

- Rebaixamento do lençol freático

Devido às águas subterrâneas estarem em uma cota elevada em algumas regiões das intervenções da expansão de SBRF, foi necessário rebaixar o lençol freático para a execução das fundações dos novos hangares e da ampliação do queroduto no pátio de aeronaves. Essa técnica tem o objetivo de reduzir, provisoriamente, o nível d'água do subterreio de modo a permitir a execução das atividades abaixo da superfície como a escavação e fundações. Além disso, minimiza o risco de desmoronamento do solo conforme é elucidado na Figura 70.

Figura 70 - Rebaixamento do lençol freático durante escavação para arrasamento de estacas



Fonte: O autor (2022).

- Remoção de edificações

Para atendimento das normativas de segurança operacionais aeroportuárias, bem como a ampliação do TPS e do pátio de aeronaves; vários hangares foram removidos e demolidos durante a fase de construção de SBRF. Esse processo foi realizado com o uso de equipamentos pesados conforme enfatizado na Figura 71.

Figura 71 - Remoção de hangares na região de ampliação do pátio de aeronaves



Fonte: O autor (2023).

- Responsabilidade socioambiental

Verificou-se que algumas das empresas contratadas para a execução do empreendimento em estudo, realizaram ao longo do projeto algumas campanhas de cunho social como a arrecadação de doativos para as famílias que foram impactadas pelas chuvas que devastaram a cidade do Recife no ano de 2022. Ações como a proliferação de palestras e a distribuição de brindes em escolas públicas na circunvizinhança da obra também ocorreram durante a Semana do Meio Ambiente realizada em junho de 2023, bem como a aplicação de vacinas e a coleta e doação de sangue entre os colaboradores envolvidos no processo.

- Risco de desmoronamento

Devido a morfologia e o índice de resistência do solo em algumas áreas onde o SBRF está implantado, verificou-se o risco iminente de desmoronamento do mesmo nessas regiões após a escavação. Esse processo tornou-se ainda maior, graças ao elevado nível do lençol freático conforme já discutido anteriormente e a grande incidência de chuvas durante a execução do projeto. A Figura 72 apresenta uma escavação que teve o solo desmoronado.

Figura 72 - Solo desmoronado após escavação e ocorrência de chuvas



Fonte: O autor (2022).

- Serviços de topografia

A construção de um sítio aeroportuário necessita de grandes áreas, que tornam

inexequível realizar aferições e locações com dispositivos de menor precisão como a trena. Dessa forma, o levantamento topográfico foi um grande aliado para a execução da expansão e reforma do SBRF; visto a exatidão e baixa tolerância que os equipamentos aeronáuticos de auxílio à navegação aérea possuem. A Figura 73 evidencia uma equipe de topógrafos em atividade no *Airside*.

Figura 73 - Serviço topográfico no Airside



Fonte: O autor (2022).

- Sondagem geotécnica

A sondagem do solo é realizada durante os estudos preliminares de qualquer empreendimento, visto que é um requisito básico conhecer as propriedades e características do terreno. São fundamentais para o desenvolvimento dos projetos de engenharia, já que após a sua interpretação é possível escolher a metodologia construtiva e colaborar para a mitigação de ocorrer algum dano à futura edificação. A Figura 74 ilustra a execução de uma sondagem na região de ampliação do TPS.

Figura 74 - Investigação das características e propriedades do solo



Fonte: O autor (2021).

- Supressão vegetal

Assim como os hangares foram demolidos, foi necessário realizar a supressão vegetal de algumas árvores, na proximidade da PPD e da cabeceira 18, para garantia da segurança operacional durante os pousos e decolagens das aeronaves em SBRF. Outros indivíduos arbóreos também foram suprimidos, totalizando 459 unidades, para atendimento do contrato de concessão nº 001/ANAC/2019 com a ampliação do TPS e pátio de aeronaves. A Figura 75 apresenta a supressão de uma árvore nativa para ampliação do pátio.

Figura 75 - Retirada de vegetação para ampliação do pátio de aeronaves



Fonte: O autor (2023).

- Testes e comissionamento

Testar e comissionar as áreas concluídas e os equipamentos após a montagem é fundamental para garantir que tudo esteja conforme o esperado. Esse processo deve ocorrer antes de entrarem em operação para o processamento de bagagens e passageiros, para os casos que forem identificados alguma necessidade de correção, ela aconteça sem impactar aos usuários finais. A Figura 76 evidencia a realização dos testes e comissionamento da ampliação do canal de inspeção doméstico.

Figura 76 - Teste e comissionamento na ampliação do canal de inspeção



Fonte: O autor (2023).

- Uso de vias públicas

Verificou-se que o empreendimento em análise realizou a aquisição de vários equipamentos e materiais de fornecedores locais, regionais, nacionais e internacionais. Para que esses respectivos elementos fossem entregues e aplicados no canteiro de obras, foi necessário a utilização de vias públicas a exemplo das Avenidas Mascarenhas de Moraes, Recife e da Rua Lula Cardoso Ayres. A Figura 77 mostra um caminhão basculante na Rua Lula Cardoso Ayres durante a execução da terraplanagem da ampliação do pátio de aeronaves.

Figura 77 - Uso da Rua Lula Cardoso Ayres por caminhão durante o fornecimento de material



Fonte: O autor (2023).

4.2 AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DE OBRAS AEROPORTUÁRIAS E SUGESTÕES DE AÇÕES MITIGADORAS

A análise dos impactos ambientais oriundos das atividades que apresentam potencial de poluição, como uma obra aeroportuária, é uma recomendação da PNMA (1981). Esse tópico aborda a avaliação dos impactos ambientais nos meios abióticos, bióticos e antrópicos detectados durante as obras de expansão e remodelação do SBRF e apresenta as sugestões de ações ambientais mitigadoras para cada um dos impactos identificados. Conforme mencionado no Capítulo 3, os impactos ambientais foram classificados por meio da adaptação do método desenvolvido por Conesa (2010).

4.2.1 Avaliação dos impactos ambientais identificados na fase de planejamento

A importância dos impactos ambientais identificados ao longo da obra de SBRF durante a fase de planejamento, por meio, é apresentada a seguir.

- Meio Abiótico

Verificou-se que os impactos ambientais identificados no meio abiótico na fase de planejamento são adversos, variando entre irrelevantes (22,22%) a moderados (77,78%). O

Quadro 28 ilustra a classificação dos impactos ambientais identificados no decorrer da fase de planejamento da expansão de SBRF referentes ao meio abiótico.

Quadro 28 - Avaliação dos impactos ambientais da fase de planejamento no meio abiótico

Meio	Impactos Ambientais	Atributos											I *
		N	In	Ex	Mo	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	
Abiótico	Alteração das Propriedades Físicas, Químicas e Biológicas do Solo	-1	2	1	3	3	3	4	4	4	4	3	-36
	Esgotamento das Jazidas Minerais	-1	2	5	1	4	4	4	4	1	4	8	-46
	Indução de Processos Erosivos	-1	1	2	3	3	3	2	4	4	2	3	-31
	Deteriorização da Qualidade do Ar	-1	1	2	3	2	2	4	4	1	2	3	-28
	Emissão de Radiações	-1	2	2	3	1	1	2	1	4	2	2	-26
	Poluição Sonora	-1	2	1	4	2	1	4	1	4	2	2	-28
	Alteração dos Regimes de Escoamento das Águas Pluviais	-1	1	2	3	2	3	2	1	1	2	2	-23
	Perda e Desperdício de Água	-1	1	2	3	2	3	4	4	4	2	2	-31
	Interferência das Águas Subterrâneas	-1	1	1	2	3	2	2	1	4	1	2	-22

Legenda

N Natureza	PE Persistência	EF Efeito	< 25	Impacto Adverso Irrelevante a Leve
In Intensidade	RV Reversibilidade	PR Periodicidade	25 < I < 50	Impacto Adverso Moderado
Ex Extensão	SI Sinergia	MC Recuperabilidade	50 < I < 75	Impacto Adverso Severo a Alto
Mo Momento	AC Acumulação	I Importância do Impacto	75 < I < 100	Impacto Adverso Crítico a Muito Alto
* Os intervalos são estabelecidos em função dos valores absolutos.			> 0	Impacto Benéfico

Fonte: O autor (2023).

A partir da análise do Quadro 28 é possível afirmar que durante a fase de planejamento do empreendimento, para o meio abiótico todos os impactos ambientais identificados são de natureza adversa. Quanto a intensidade, observou-se que 55,56% e 44,44% são de baixa e média intensidade respectivamente. Em relação à extensão do impacto, constatou-se que 33,33% são pontuais, 55,56% são parciais e 11,11% (Esgotamento das Jazidas Minerais) são críticos.

O tempo decorrido entre a ação e o surgimento dos impactos considerados de curto prazo corresponde a 66,67% dos impactos identificados na fase de planejamento da obra de expansão de SBRF. Constatou-se que 44,44% dos impactos identificados são temporais, 33,33% são persistentes e 11,11% são rápidos ou permanentes. A reversibilidade a longo prazo foi diagnosticada em 44,44% dos impactos, seguida por 22,22% para curto e médio prazo cada e 11,11% para irreversível. A sinergia apresentou em 100% dos impactos inventariados, sendo 55,56% moderada e 44,44% muito sinérgico.

O aumento progressivo por acumulação simples e acumulativa representa concomitantemente 44,44% e 55,56%. A relação de causa e efeito direto corresponde a 2/3 dos impactos mapeados durante o período de coleta dos dados. Quanto à regularidade de manifestação dos impactos, percebeu-se que 66,67% são periódicos; 22,22% são contínuos e apenas 11,11% são irregulares. A recuperabilidade dos impactos ambientais prevalece como de curto prazo, seguida de médio prazo; apenas um impacto ambiental (Esgotamento das Jazidas

Minerais) é irrecuperável.

Verificou-se que há uma predominância de impactos adversos moderados (77,78%) variando o nível de importância entre – 26 (Emissões de Radiações) e – 46 (Esgotamento de Jazidas Minerais) sobre uma escala que pode atingir – 100. Verificou-se que apenas 2 impactos se classificaram como adversos irrelevantes a leves (Interferência das Águas Subterrânea e Alteração dos Regimes de Escoamento das Águas Pluviais), atingindo nível de importância de – 22 e – 23 respectivamente. Não se identificou para esse meio nenhum impacto adverso severo a alto, adverso crítico a muito alto e benéfico.

É importante frisar que os impactos Esgotamento das Jazidas Minerais, Perda e Desperdício de Água, Alteração do Microclima (Local) e Deteriorização da Qualidade do Ar foram abordados em uma significativa parte da literatura consultada (Edwards (2005), IPEA (2010a), Agopyan e John (2016), Vechi *et al.* (2016), Melo (2017), Borja (2019), CDA (2020), CBIC (2022), Martins (2022) e Anshebo *et al.* (2023)) e que os mesmos possuem uma direta relação com os 17 ODS propostos pela ONU (2015).

Apesar dos impactos ambientais verificados no meio abiótico não apresentarem uma importância das mais agressivas, esse estudo sugere que eles sejam evitados e mitigados ao mínimo possível durante a fase de planejamento das obras de infraestruturas aeroportuárias. Recomenda-se a implantação, cada vez mais, da conscientização ambiental nos canteiros de obras. Pois, somente assim será possível que a construção de aeroportos ande de mãos dadas com a gestão ambiental e o desenvolvimento sustentável conforme é proposto por Ashford *et al.* (2013).

- Meio Biótico

O Quadro 29 apresenta a avaliação dos impactos ambientais percebidos no transcorrer da fase de planejamento da ampliação de SBRF pertinentes ao meio biótico.

Quadro 29 - Avaliação dos impactos ambientais da fase de planejamento no meio biótico

Meio	Impactos Ambientais	Atributos											I +
		N	In	Ex	Mo	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	
Biótico	Alteração do Comportamento da Fauna	-1	1	1	4	2	2	2	4	4	2	3	-28
	Alteração do Habitat Natural	-1	1	1	4	2	2	2	4	4	2	4	-29
	Redução da Biodiversidade Local	-1	1	1	3	3	2	2	4	4	2	4	-29
	Interferência e Perda de Cobertura Vegetal	-1	1	1	3	3	2	2	4	4	2	3	-28

Legenda

N Natureza	PE Persistência	EF Efeito	< 25	Impacto Adverso Irrelevante a Leve	
In Intensidade	RV Reversibilidade	PR Periodicidade	25 < I < 50	Impacto Adverso Moderado	
Ex Extensão	SI Sinergia	MC Recuperabilidade	50 < I < 75	Impacto Adverso Severo a Alto	
Mo Momento	AC Acumulação	I Importância do Impacto	75 < I < 100	Impacto Adverso Crítico a Muito Alto	
* Os intervalos são estabelecidos em função dos valores absolutos.				> 0	Impacto Benéfico

Fonte: O autor (2023).

Verificou-se que os impactos ambientais identificados no meio biótico na fase de planejamento são adversos moderados, de baixa intensidade, de extensão pontual, de médio prazo de reversibilidade, de sinergia moderada, acumulativos, de efeito direto e periodicidade periódica, variando entre o nível de importância entre – 28 e – 29. Foi percebido que os impactos se manifestaram de maneira imediata ou de curto prazo após as ações que os geraram e que a persistência dos mesmos se comporta como persistentes ou temporal.

Ao longo da revisão bibliográfica constatou que vários autores (Araújo e Cardoso (2010), Conesa (2010) e MINFRA (2021)) demonstraram preocupação com os impactos ambientais oriundos das atividades da construção civil no meio biótico. Os impactos observados são de causas e efeitos diretos da expansão da infraestrutura aeroportuária e os mesmos influenciam diretamente na preservação dos ecossistemas e da sobrevivência humana. Dessa forma, pode-se afirmar que, as intervenções para a ampliação de um aeroporto carecem de um planejamento ambiental que aborde de forma holística a fauna, flora e de todo ecossistema na área de influência do empreendimento.

● Meio Antrópico

A avaliação dos impactos ambientais percebidos no transcorrer da fase de planejamento da ampliação de SBRF pertinentes ao meio antrópico é apresentada no Quadro 30.

Quadro 30 - Análise dos impactos ambientais da fase de planejamento no meio antrópico

Meio	Impactos Ambientais	Atributos											I *
		N	In	Ex	Mo	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	
Antropico	Atrasos aos Passageiros e a Comunidade Aeroportuária	-1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	-15
	Alteração do Fluxo de Circulação de Pessoas	-1	1	1	3	2	1	1	1	1	1	1	-16
	Interferência nas Características Culturais Local	+1	2	1	2	2	3	2	4	1	2	2	26
	Alteração na Qualidade Paisagística	-1	1	2	3	2	2	4	4	4	2	4	-32
	Alteração nas Condições de Saúde	-1	1	1	2	2	2	2	4	4	2	2	-25
	Alteração nas Condições de Segurança	-1	1	1	2	2	2	2	4	4	2	2	-25
	Alteração no Tráfego nas Vias Públicas	-1	1	1	2	2	2	2	4	1	2	2	-22
	Aumento da Participação Social	+1	2	2	2	2	1	2	4	1	1	3	26
	Aumento das Despesas do Município/Empresa	-1	1	2	3	2	2	2	4	1	2	3	-26
	Aumento do Conhecimento Técnico e Científico	+1	2	4	3	4	1	2	4	4	2	2	36
	Aumento no Volume de Aterros de Resíduos	-1	1	5	2	4	4	4	4	4	4	8	-47
	Busca por Qualificação Profissional	+1	2	2	3	2	1	2	4	1	2	3	28
	Danos a Bens Edificados	-1	1	1	2	3	4	1	4	4	4	3	-30
	Dinamização da Economia Local	+1	2	2	3	2	2	4	4	4	2	3	34
	Geração de Empregos e Renda	+1	2	2	3	2	1	4	4	4	2	3	33
	Geração de Expectativas na População	+1	2	1	3	1	1	2	4	1	2	2	24
	Incômodo para a Comunidade	-1	1	2	2	2	2	2	4	4	2	3	-28
	Polição Visual	-1	1	1	2	3	2	4	4	4	2	4	-30
	Pressão sobre os Serviços Urbanos	-1	1	1	2	2	1	4	4	1	2	3	-24
	Promoção de Ação Social com Comunidade Adjacente	+1	2	2	2	2	1	2	4	1	1	2	25
Oferta de Treinamentos e Conscientização Ambiental	+1	1	1	2	2	1	1	4	4	2	2	23	
Redução da Oferta de Emprego e Renda	-1	1	1	1	2	2	2	4	4	1	4	-25	
Redução da Oferta de Energia	-1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	2	-17	

Legenda

N Natureza	PE Persistência	EF Efeito
In Intensidade	RV Reversibilidade	PR Periodicidade
Ex Extensão	SI Sinergia	MC Recuperabilidade
Mo Momento	AC Acumulação	I Importância do Impacto

* Os intervalos são estabelecidos em função dos valores absolutos.

< 25	Impacto Adverso Irrelevante a Leve
25 < I < 50	Impacto Adverso Moderado
50 < I < 75	Impacto Adverso Severo a Alto
75 < I < 100	Impacto Adverso Crítico a Muito Alto
> 0	Impacto Benéfico

Fonte: O autor (2023).

A partir da análise dos impactos ambientais, conexos ao meio antrópico durante a etapa de planejamento é possível afirmar que apenas o respectivo meio apresentou impactos ambientais benéficos, representando 39,13% dos impactos inventariados. Verificou-se que os impactos adversos irrelevantes a leves correspondem a 34,78%, e 26,09% estão associados aos impactos adversos moderados. Ao se verificar o atributo intensidade, percebeu-se que 65,22% dos impactos são de baixa intensidade e 34,78% são de média intensidade.

Em relação ao critério extensão, foi identificado que 56,52% dos impactos são de extensão pontual, 34,78% de extensão parcial, 4,35% de extensão extensa (Aumento do Conhecimento Técnico e Científico) e 4,35% de extensão crítica (Aumento no Volume de Aterros de Resíduos). Apesar desse último não estar inserido na área de influência considerada para essa pesquisa, conforme mencionado no Capítulo 3, é um impacto adverso moderado crítico devido ao grau de sinergia e acumulação com outros impactos. Quanto ao prazo de manifestação dos impactos, pode-se afirmar que há uma prevalência de médio prazo (52,17%),

seguido respectivamente de curto prazo (39,13%) e longo prazo (8,70%).

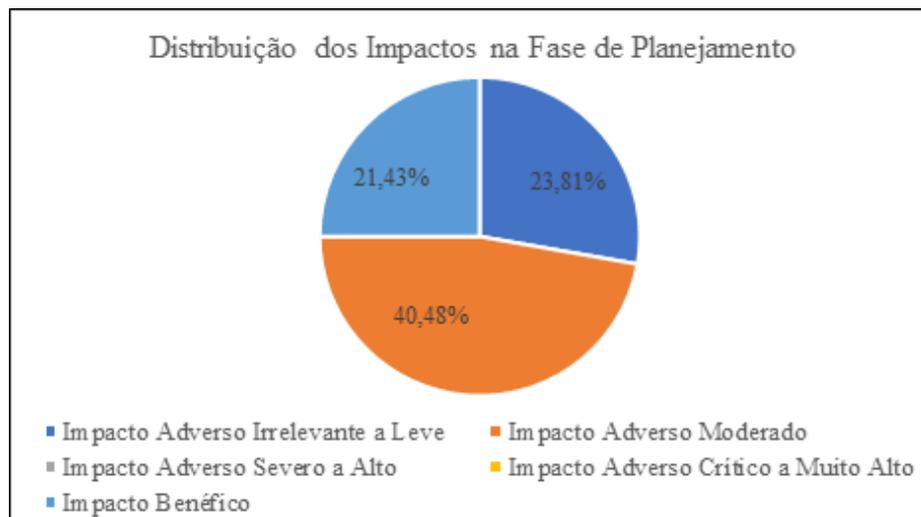
A permanência do efeito se manifestou de maneira temporal em 69,57% dos casos identificados, acompanhado de 13,04% de forma rápida e 8,70% de caráter persistente. Apenas o impacto ambiental benéfico Aumento do Conhecimento Técnico e Científico se manifestou de maneira permanente, visto que durante a fase de planejamento do empreendimento em observação foi possível o desenvolvimento de diversas atividades de cunho intelectual. Quanto à reversibilidade, foi verificado que 47,83% e 39,13% dos impactos são de curto e médio prazo respectivamente e 8,70% são irreversíveis (Aumento no Volume de Aterros de Resíduos e Danos a Bens Edificados). Apenas o impacto Interferência nas Características Culturais Local apresentou reversibilidade de longo prazo.

Os impactos ambientais relacionados foram classificados como sem sinergia 21,74%, apresentaram sinergia moderada 52,17% e muita sinergia 26,09%. Apenas dois impactos se manifestaram com acumulação simples, a distribuição frente aos efeitos se comportou com 52,17% como efeito indireto e 47,83% como efeito direto. Identificou-se que 65,22% dos impactos apresentaram periodicidade periódica, comboiado de 26,09% e 8,70% irregulares e contínuos respectivamente. O impacto Aumento no Volume de Aterros de Resíduos foi o único que se qualificou como irrecuperável para o meio em discussão.

Evitar o impacto ambiental Aumento no Volume de Aterros de Resíduos, ainda na fase de planejamento de uma obra aeroportuária, é uma necessidade global já que o setor da construção civil é um grande gerador de resíduos conforme foi verificado no Capítulo 2 (Degani (2003), Baptista Júnior e Romanel (2013), Gasques *et al.* (2014), Agopyan e John (2016), Gomes e Magalhães (2018), Ribeiro *et al.* (2021), CBIC (2022), Falcão *et al.* (2022), Anshebo *et al.* (2023) e Halvorsen e Andersson (2023)) e demanda de grandes áreas para destinação. Além disso, uma obra com a magnitude da que está em execução no SBRF é responsável por uma elevada alteração paisagística e isso também foi verificado na literatura (Melo (2017), Costa *et al.* (2019), Wan *et al.* (2022)).

Ao se realizar uma análise holística dos impactos verificados durante a fase de planejamento de SBRF, dos meios abordados, identificou-se que 63,89% se manifestaram no meio antrópico, 25,00% no meio abiótico e 11,11% no meio biótico. Constatou-se que na respectiva fase da obra não houve manifestações de impactos adversos severos a altos e críticos a muito alto. A Figura 78 demonstra a repartição dos impactos ambientais na etapa de planejamento do empreendimento.

Figura 78 - Distribuição dos impactos ambientais na fase de planejamento



Fonte: O autor (2023).

4.2.2 Avaliação dos impactos ambientais identificados na fase de construção

A classificação dos impactos ambientais, por meio, observados no decorrer da etapa de construção ao longo das obras de remodelação e expansão do SBRF são apresentadas abaixo.

- Meio Abiótico

O Quadro 31 ilustra a análise dos impactos ambientais diagnosticados no meio abiótico durante a fase de construção da ampliação de SBRF.

Quadro 31 - Classificação dos impactos ambientais da fase de construção no meio abiótico

Meio	Impactos Ambientais	Atributos										I *	
		N	In	Ex	Mo	PE	RV	SI	AC	EF	PR		MC
Abiótico	Alteração das Propriedades Físicas, Químicas e Biológicas do Solo	-1	4	2	4	3	3	4	4	4	4	4	-46
	Esgotamento das Jazidas Minerais	-1	2	6	2	4	4	4	4	1	4	8	-49
	Indução de Processos Erosivos	-1	4	4	3	3	3	4	4	4	2	3	-46
	Deteriorização da Qualidade do Ar	-1	2	4	4	2	1	4	4	1	4	2	-36
	Emissão de Radiações	-1	4	2	4	1	1	4	1	4	2	1	-34
	Poliuição Sonora	-1	4	4	4	2	1	4	1	4	4	1	-41
	Alteração do Microclima (Local)	-1	2	5	3	2	1	4	4	1	4	2	-37
	Poliuição Luminosa	-1	4	4	4	2	1	2	1	4	2	1	-37
	Alteração dos Regimes de Escoamento das Águas Pluviais	-1	2	2	3	3	2	4	1	1	2	2	-28
	Perda e Desperdício de Água	-1	4	8	4	4	4	4	4	4	2	8	-62
Interferência das Águas Subterrânea	-1	2	2	3	2	2	2	4	4	1	2	-30	

Legenda				
N Natureza	PE Persistência	EF Efeito	< 25	Impacto Adverso Irrelevante a Leve
In Intensidade	RV Reversibilidade	PR Periodicidade	25 < I < 50	Impacto Adverso Moderado
Ex Extensão	SI Sinergia	MC Recuperabilidade	50 < I < 75	Impacto Adverso Severo a Alto
Mo Momento	AC Acumulação	I Importância do Impacto	75 < I < 100	Impacto Adverso Crítico a Muito Alto
* Os intervalos são estabelecidos em função dos valores absolutos.			> 0	Impacto Benéfico

Fonte: O autor (2023).

Para esse meio foi constatado a predominância de impactos adversos moderados, os mesmos equivalem a 90,91% dos impactos mapeados. O impacto Perda e Desperdício de Água foi classificado como impactos adversos severos a altos, chegando a um nível de importância de – 62 que equivale ao dobro do calculado na fase de planejamento. Chama a atenção que os recursos hídricos potáveis são elementos em processo de escassez a nível mundial, em especial no Nordeste brasileiro, sendo percebido um significativo desperdício e perda na obra em análise. Verificou-se que esse dano foi provocado por vazamentos devido a avarias causadas nas instalações existentes durante as obras *Landise*; e principalmente por uma questão comportamental da mão de obra, que mesmo sendo treinada e capacitada ainda demanda de uma maior racionalização ambiental.

A intensidade dos impactos se classifica como alta e média, contabilizando respectivamente cada um 54,55% e 45,45%. Em relação a extensão, observou-se a presença de três impactos críticos (Esgotamento das Jazidas Minerais, Alteração do Microclima (Local) e Perda e Desperdício de Água), representando um valor de acumulado de 27,27%. O momento de aparecimento dos impactos, pode-se afirmar que há uma prevalência de médio prazo (52,17%), seguido respectivamente de curto prazo (39,13%) e longo prazo (8,70%).

A persistência dos efeitos dos impactos ambientais se comportou de maneira temporal em 45,45% do itens identificados, 27,27% foram caracterizados como persistentes, 18,18% se manifestaram permanentemente (Esgotamento das Jazidas Minerais e Perda e Desperdício de Água) e apenas 9,09% apresentaram persistência rápida. Ao se analisar a reversibilidade dos impactos, verificou-se uma prevalência de reconstrução por meio natural para 45,45% dos

dados ambientais identificados. Além disso, foi observado um equilíbrio quanto à reversibilidade de 18,18% para os outros índices avaliados.

Verificou-se que todos os impactos apresentaram algum tipo de sinergia, sendo que o quantitativo de impactos classificados como muito sinérgico representa 81,82% da amostra aferida. Ao se comparar o critério acumulação, percebeu-se que 63,64% dos impactos se comportam como acumulativos e 36,36% de simples acumulação. Os dados apontam que 63,64% dos impactos são diretos e 36,36% são indiretos em relação à causa e ao efeito.

Ao se medir a regularidade de manifestação, percebeu-se que 45,45% dos impactos inventariados são classificados como periódicos e contínuos, respectivamente, e 9,09% são irregulares. Quanto à recuperabilidade, foi constatado que 18,18% dos impactos ambientais admitem classificação como irrecuperável (Esgotamento das Jazidas Minerais e Perda e Desperdício de Água). Não foram localizados para o meio abiótico nenhum impacto benéfico durante o período de observação da expansão do SBRF.

É essencial que durante a fase de construção de um aeródromo se busque evitar o desperdício de materiais e reciclar os resíduos gerados nos canteiros de obras, conforme já mencionado no item 4.2.1 o impacto Esgotamento das Jazidas Minerais preocupa a comunidade acadêmica (Degani (2003), Agopyan e John (2016), Vechi *et al.* (2016), Casagrande (2018), CDA (2020), Anshebo *et al.* (2023)) e toda a sociedade já que os recursos naturais são limitados e a demanda da população é crescente. Identificou-se que no meio abiótico, os impactos que possuem similaridade em ambas as fases em análise, apresentaram um incremento em todos os impactos ao se comparar os resultados obtidos na fase anterior.

- Meio Biótico

O Quadro 32 exhibe a avaliação dos impactos ambientais verificados durante a fase de construção da expansão de SBRF associados ao meio biótico.

Quadro 32 - Avaliação dos impactos ambientais da fase de construção no meio biótico

Meio	Impactos Ambientais	Atributos											I*
		N	In	Ex	Mo	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	
Biótico	Alteração do Comportamento da Fauna	-1	8	4	3	2	2	4	4	4	4	4	-59
	Alteração do Habitat Natural	-1	4	4	3	4	3	4	4	4	4	8	-54
	Redução da Biodiversidade Local	-1	4	4	3	3	3	4	4	4	4	4	-49
	Interferência e Perda de Cobertura Vegetal	-1	8	4	3	3	3	4	4	4	4	4	-61

Legenda

N	Natureza	PE	Persistência	EF	Efeito	< 25	Impacto Adverso Irrelevante a Leve
In	Intensidade	RV	Reversibilidade	PR	Periodicidade	25 < I < 50	Impacto Adverso Moderado
Ex	Extensão	SI	Sinergia	MC	Recuperabilidade	50 < I < 75	Impacto Adverso Severo a Alto
Mo	Momento	AC	Acumulação	I	Importância do Impacto	75 < I < 100	Impacto Adverso Crítico a Muito Alto
* Os intervalos são estabelecidos em função dos valores absolutos.						> 0	Impacto Benéfico

Fonte: O autor (2023).

Verificou-se que 75% dos impactos ambientais identificados no meio biótico na fase de construção são adversos severos a alto, 25% são adversos moderados e nenhum apresenta natureza benéfica positiva. Todos os impactos apurados no respectivo meio são percebidos em extensa área de influência, curto prazo de momento, muita sinergia, acumulativo, de efeito direto e com periodicidade contínua. Os dados demonstram que 50% dos impactos analisados demonstram serem de intensidade muito alta (Alteração do Comportamento da Fauna e Interferência e Perda de Cobertura Vegetal) e os outros 50% com intensidade alta (Alteração do Habitat Natural e Redução da Biodiversidade Local).

Constatou-se que a importância dos impactos no meio biótico, na fase de construção, apresentou um incremento significativo em relação à fase anterior. O impacto que mais sofreu essa variação, ao se realizar o comparativo entre as fases, foi a Interferência e Perda de Cobertura Vegetal, chegando a um valor superior a 2,18 vezes. Os impactos Alteração do Comportamento da Fauna, Alteração do Habitat Natural e Redução da Biodiversidade Local se manifestaram respectivamente 2,11, 1,86 e 1,69 vezes a mais na etapa de construção.

O impacto Alteração do Habitat Natural manifestou-se como permanente e irrecuperável, essa classificação se justifica devido à grande intervenção da ampliação do SBRF tanto nas obras *Landside* e *Airside*. A reversibilidade dos impactos têm uma prevalência de longo prazo, o quantitativo aferido para esse critério correspondeu a 75% da relação inventariada ao longo da pesquisa. Vale destacar que a incidência do impacto ambiental Interferência e Perda de Cobertura Vegetal, apesar de ser avaliado como adverso e severo a alto, tem um cunho positivo conforme é apresentado e elucidado no item 4.3 desta dissertação.

● Meio Antrópico

O Quadro 33 apresenta a análise dos impactos ambientais identificados no meio

antrópico durante da fase de construção das obras de SBRF

Quadro 33 - Avaliação dos impactos ambientais da fase de construção no meio antrópico

Meio	Impactos Ambientais	Atributos										I *	
		N	In	Ex	Mo	PE	RV	SI	AC	EF	PR		MC
Antrópico	Atrasos aos Passageiros e a Comunidade Aeroportuária	-1	1	2	2	1	1	2	4	1	1	2	-21
	Alteração do Fluxo de Circulação de Pessoas	-1	2	1	3	1	1	4	4	1	1	2	-25
	Alteração na Qualidade Paisagística	-1	8	4	3	3	4	4	4	4	4	4	-62
	Alteração nas Condições de Saúde	-1	2	2	2	1	1	4	4	4	2	2	-30
	Alteração nas Condições de Segurança	-1	2	2	3	1	1	4	4	4	2	2	-31
	Alteração no Tráfego nas Vias Públicas	-1	4	2	2	2	1	4	4	1	2	2	-34
	Aumento das Despesas do Município/Empresa	-1	4	2	2	2	2	4	4	4	2	2	-38
	Aumento no Volume de Aterros de Resíduos	-1	8	4	3	4	4	4	4	4	4	8	-67
	Danos a Bens Edificados	-1	2	1	3	4	4	4	4	4	1	8	-40
	Incômodo para a Comunidade	-1	8	4	3	2	2	4	4	4	2	3	-56
	Poluição Visual	-1	4	4	3	4	3	4	4	4	4	4	-50
	Risco de Acidentes no Trabalho	-1	4	4	3	4	1	4	4	4	2	2	-44
	Preservação do Patrimônio Histórico e Cultural	1	4	1	1	4	2	2	4	4	1	8	40
	Alterações e Redução da Oferta de Voos	-1	2	1	2	2	1	2	4	4	1	2	-26
	Geração de Empregos e Renda	1	8	4	3	1	1	4	4	4	2	2	53
	Pressão sobre os Serviços Urbanos	-1	4	2	3	2	2	4	4	1	2	2	-36
	Melhoria da Infraestrutura Aeroportuária Existente	1	12	8	1	4	4	4	4	4	4	8	85
Redução da Oferta de Energia	-1	2	2	3	2	1	2	4	1	2	2	-27	

Legenda

N Natureza	PE Persistência	EF Efeito	< 25	Impacto Adverso Irrelevante a Leve
In Intensidade	RV Reversibilidade	PR Periodicidade	25 < I < 50	Impacto Adverso Moderado
Ex Extensão	SI Sinergia	MC Recuperabilidade	50 < I < 75	Impacto Adverso Severo a Alto
Mo Momento	AC Acumulação	I Importância do Impacto	75 < I < 100	Impacto Adverso Crítico a Muito Alto
* Os intervalos são estabelecidos em função dos valores absolutos.			> 0	Impacto Benéfico Positivo

Fonte: O autor (2023).

A partir da análise do Quadro 33 observou-se que apenas na fase de construção, para todos os meios pesquisados, houve a manifestação de 4 classificações entre as 5 propostas pelo método Conesa (2010). Foi verificado que apenas o meio antrópico apresentou impactos ambientais benéficos, correspondendo a 16,67% dos impactos identificados. Os impactos adversos irrelevantes a leves correspondem a 11,11%, o quantitativo que representa os impactos adversos moderados e impactos adversos severos a altos são respectivamente 55,56% e 16,67%.

A intensidade dos impactos avaliados foi caracterizada da seguinte maneira: 5,56% como baixa, 33,33% como média, 33,33% são altas, 22,22% muito alta e 5,56% como total. Esse último está relacionado ao impacto Melhoria da Infraestrutura Aeroportuária Existente, que de fato, já vem sendo percebida, mesmo antes do término das intervenções em andamento como a ampliação da sala de embarque doméstica, diversos conjuntos de sanitários, incremento de novas concessões comerciais e dos canais de inspeções no *Landside*. Tais melhorias também são observadas no *Airside*, a exemplo, das ampliações dos filetes das taxiways, ajuste de declividade e acostamento da PPD, deslocamento de eixo e drenagem da *taxiway* M, implantação de RESAs nas cabeceiras, adequação das sinalizações verticais e horizontais e

balizamento, entre tantas outras em andamento.

Diagnosticou-se que o comportamento dos impactos identificados quanto à extensão está distribuído com 22,22% de maneira pontual, 38,89% de forma parcial, extensa para 33,33% e 5,56% como total para os impactos levantados. A extensão total ocorreu apenas para o impacto Melhoria da Infraestrutura Aeroportuária Existente, já que essas melhorias interferem em toda área de influência da pesquisa.

Apesar de benéficos positivos, os impactos Preservação do Patrimônio Histórico e Cultural e Melhoria da Infraestrutura Aeroportuária Existente apresentam um longo prazo para serem percebidos após as ações que os geram. O primeiro depende de uma minuciosa e delongada análise para aprovação pelos órgãos competentes e o segundo é influenciado pela própria natureza e do avanço físico do empreendimento, que devido a sua amplitude só é totalmente verificado após a sua conclusão. A persistência dos impactos se distribui como rápida para 27,78%, temporal para 33,33%, persistente para 5,56% e permanente para 33,33% dos impactos avaliados.

Quanto à reversibilidade foi possível perceber que 50,00% dos impactos apresentam reversibilidade de curto prazo, 22,22% de médio prazo, 5,56% de longo e 22,22% são irreversíveis. Todos os impactos são acumulativos e apresentaram sinergia, sendo que 77,78% são muito sinérgicos e 22,22% de sinergia moderada. A relação de causa e efeito se comportou com predominância de impactos de efeitos diretos, representando um total de 72,22% do conjunto analisado.

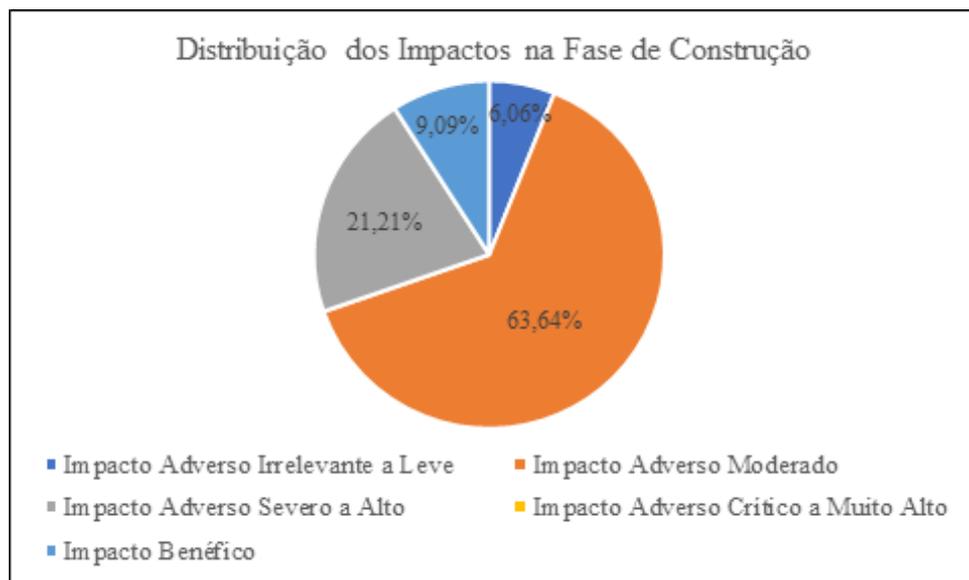
Constatou-se que 50,00% dos impactos apresentaram-se como periódicos, 27,78% são irregulares e 22,22% são contínuos. A recuperabilidade dos impactos se deu com uma maior concentração de recuperação por meio antrópico em 61,11% da amostra, seguida de 22,22% de irrecuperáveis, 11,11% de longo prazo e 5,56% de médio prazo. A respectiva avaliação constatou que o impacto adverso de maior importância é o Aumento no Volume de Aterros de Resíduos, e esse resultado apresenta grande semelhança com o encontrado na literatura por vários autores (Gasques *et al.* (2014), Agopyan e John (2016), PMI (2016), Vechi *et al.* (2016), INFRAERO (2018), Baxter *et al.* (2018a), Borja (2019), ICAO (2019), Vieira *et al.* (2019), Ribeiro *et al.* (2021), Martins (2022), Halvorsen e Andersson (2023)).

Ao analisar o impacto benéfico de maior importância, verificou que esse posto é assumido pelo impacto Melhoria da Infraestrutura Aeroportuária Existente. Os resultados apontam que o respectivo impacto foi avaliado com índice máximo em todos os critérios estudados é reflexo das condições herdadas da INFRAERO em 2020 pela atual administradora. Essa crítica é convergente ao verificado na revisão bibliográfica (Neto e Souza (2011),

Machado *et al.* (2019), (MINFRA, 2020), Gonçalves da Silva *et al.* (2022)), visto que não houve por parte da gestão pública os investimentos necessários no sistema aeroportuário brasileiro. Diante dessa conjuntura, é possível afirmar que a gestão de aeroportos pela iniciativa privada no Brasil é benéfica e que o programa de concessão aeroportuária da ANAC já promove melhorias consideráveis, ainda na fase das intervenções das obras, nos aeroportos brasileiros em todos os aspectos.

Ao se desenvolver uma abordagem ampliada, considerando todos os meios analisados, durante a fase de construção do SBRF, foi possível identificar que 54,55% dos impactos se manifestaram no meio antrópico, 33,33% no meio abiótico e 12,12% no meio biótico. Observou-se que na respectiva fase não houve impacto classificado como adverso crítico a muito alto. A Figura 79 demonstra a composição de distribuição dos impactos ambientais inventariados na obra em estudo ao longo da fase de construção.

Figura 79 - Distribuição dos impactos ambientais na fase de construção



Fonte: O autor (2023).

Ao se avaliar todos os meios e as fases de planejamento e construção em conjunto, observou-se um incremento na importância do impacto para todos os impactos identificados em ambas as fases e essa mesma informação também foi constatada por Villegas *et al.* (2018). Apesar desse acréscimo na importância do impacto, observa-se uma maior concentração dos impactos adversos moderados. Esse comportamento é justificado pelo emprego de metodologias construtivas modulares definidas em projeto, conforme também recomendado por Young e Wells (2014), Agopyan e John (2016), Borja (2019), ICAO (2019), Carvalho *et*

al. (2020), Gomes (2021) e Ribeiro *et al.* (2021).

4.2.3 Propostas de ações ambientais mitigadoras para os impactos identificados na obra

A preocupação ambiental é um elemento holístico a ser considerado nos mais variados segmentos econômicos, em especial na construção e ampliação de aeroportos. Conforme relatado na revisão bibliográfica, é de fundamental importância que após a identificação dos impactos ambientais se busque agir para preveni-los, mitigá-los e quando possível evitá-los. Porém, como verificado na etapa de identificação de aspectos e impactos ambientais, devido a sua amplitude, esse tipo de obra ainda causa vários impactos ambientais nos meios abióticos, bióticos e antrópicos nas fases de planejamento e construção.

No Quadro 34 é apresentada em ordem alfabética uma ampla relação de sugestões de ações ambientais mitigadoras que têm o objetivo de minimizar os impactos ambientais identificados durante a pesquisa. Estas ações mitigadoras foram elencadas a partir da análise do referencial teórico consultado ao longo do estudo, da experiência profissional do pesquisador e da observação de campo durante o decorrer da obra.

Quadro 34 - Relação de ações mitigadoras para os impactos ambientais de obras aeroportuárias

Impactos Ambientais	Propostas de Ações Ambiental Mitigadora
Alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo	<ul style="list-style-type: none"> ● Mapear previamente as regiões com solo de melhor qualidade para preservá-los ● Realizar a revegetação e reabilitação das áreas degradadas após o término das atividades ● Desenvolver treinamentos de capacitação e conscientização para os trabalhadores sobre a importância de não alterar as características do solo ● Proceder à remediação do solo sempre que necessário ● Evitar o derramamento e vazamento de substâncias químicas e perigosas sobre o solo ● Minimizar a geração de resíduos sólidos e efluentes durante a execução da obra ● Disponibilizar nas frentes de serviços kit de mitigação ambiental e mão de obra treinada para atuação imediata caso precise ● Promover a gestão dos resíduos sólidos e efluentes; armazenando, acondicionando e destinando de maneira adequada ● Realizar a supressão vegetal, quando necessário, somente nas proximidades do início das obras para evitar que o terreno fique exposto por muito tempo aos agentes intempéricos ● Estabelecer rotas de tráfego de veículos e equipamentos para evitar mudanças das características do solo

Impactos Ambientais	Propostas de Ações Ambiental Mitigadora
Alteração do comportamento da fauna	<ul style="list-style-type: none"> ● Levantar previamente as informações e características da fauna nativa para monitoramento ao longo da obra ● Evitar a execução da obra durante o período reprodutivo ou de migração dos animais ● Realizar o remanejamento dos mesmos para uma área que apresente as mesmas características do local da obra ● Implementar medidas para mitigar os impactos à fauna das atividades que geram ruídos, vibrações e emissão atmosférica ● Programar a execução dos serviços nos horários de menor atividade ou deslocamento das espécies nativas ● Instalar barreiras físicas para evitar que a fauna se aproxime das áreas em obras ● Promover treinamentos para os funcionários com o objetivo de conscientizá-los e evitar a caça da fauna ● Divulgar métodos de identificação de animais peçonhentos e de prevenção de acidentes com cobras e serpentes
Alteração do fluxo de circulação de pessoas	<ul style="list-style-type: none"> ● Atualizar a comunicação visual do TPS nas áreas comuns e restritas (sala de embarque e restituição de bagagens) conforme avanço da obra ● Dispor de pessoas que possa auxiliar as pessoas a se deslocarem no interior do TPS durante a obra ● Comunicar no sistema de sonorização informações referente a alteração dos fluxos
Alteração do habitat natural	<ul style="list-style-type: none"> ● Construir corredores ecológico para mitigar a fragmentação do habitat ● Buscar implantar áreas de compensação ambiental com características semelhantes das áreas com intervenções da obra ● Desenvolver um levantamento prévio e minucioso do habitat natural nas regiões que serão alteradas pela obra ● Procurar adotar técnicas construtivas que minimizem as mudanças no habitat natural ● Desenvolver treinamentos de capacitação e conscientização para os trabalhadores sobre a importância de preservar o habitat natural
Alteração do microclima (local)	<ul style="list-style-type: none"> ● Implantar monitoramento do clima ao longo da obra e medidas de controle para amenizar o impacto na temperatura, qualidade do ar, ventilação e umidade ● Evitar o uso de materiais que absorvem calor, como os revestimentos e vidros refletivos ● Evitar o trânsito desnecessário de veículos, máquinas e equipamentos no canteiro de obras e adjacência ● Desenvolver treinamentos de capacitação e conscientização para os trabalhadores sobre a importância de mitigar os impactos que interferem no clima local
Alteração dos regimes de escoamento das águas pluviais	<ul style="list-style-type: none"> ● Implantar sistemas de drenagem provisório e sustentável durante a obra ● Evitar impermeabilizar, provisoriamente, grandes superfícies no canteiro de obras ● Dispor nas frentes de serviços kit de mitigação ambiental e mão de obra treinada para atuação caso precise
Alteração na qualidade paisagística	<ul style="list-style-type: none"> ● Desenvolver e implementar plano de recuperação paisagística dos elementos afetados pela obra ● Fazer uso de técnicas de paisagismo urbano que recupere a qualidade visual das áreas impactadas
Alteração nas condições de saúde	<ul style="list-style-type: none"> ● Implantar medidas de redução da emissão de poeiras, ruídos, poluição atmosférica, etc para garantir a qualidade do ar ● Monitorar a qualidade do ar, da água e das condições de trabalho ao longo da obra e tomar medidas corretivas imediatas quando necessário

Impactos Ambientais	Propostas de Ações Ambiental Mitigadora
Alteração nas condições de segurança	<ul style="list-style-type: none"> ● Realizar o isolamento das frentes de serviço e restringir o acesso apenas a pessoas autorizadas e habilitadas ● Sinalizar as frentes de trabalho com placas orientativas e educativas, de modo a alertar aos funcionários dos riscos ● Disponibilizar para os operários os equipamentos de proteção individual e treiná-los para que façam o uso correto dos mesmos ● Instalar equipamentos de proteção coletiva, de modo a proteger todas as partes envolvidas (colaboradores, passageiros e comunidade aeroportuária) nas frentes de serviços ● Realizar inspeções de segurança para identificar e corrigir imediatamente quaisquer desvios encontrados ● Checar os equipamentos e ferramentas antes do início das atividades ● Desenvolver diariamente diálogo de segurança nas frentes de serviços, enfatizando as atividades críticas do dia ● Elaborar treinamentos e capacitação da mão de obra com termos associados às normativas do Ministério do Trabalho ● Promover campanhas educativas e orientativas sobre os riscos das atividades críticas ● Elaborar e divulgar a análise preliminar dos riscos do trabalho para cada tarefa em andamento
Alteração no tráfego nas vias públicas	<ul style="list-style-type: none"> ● Priorizar a mobilização de máquinas e equipamentos pesados para a obra em horários de baixo fluxo nas vias públicas ● Os equipamentos lentos, (escavadeiras, plataforma elevatória, etc) devem ser transportados em carretas tipo prancha ● Instalar sinalização nas vias públicas com informações referente a obra ● Disponibilizar sinaleiros para auxiliar na orientação do tráfego de veículos
Alterações e redução da oferta de voos	<ul style="list-style-type: none"> ● Planejar a execução das atividades <i>Airside</i> em horários de baixa demanda de passageiros ● Programar os serviços que dependem de NOTAM para os períodos de baixa estação ● Fasear as intervenções de obras em etapas menores, para amenizar as restrições operacionais do aeroporto
Atrasos aos passageiros e a comunidade aeroportuária	<ul style="list-style-type: none"> ● Evitar executar as atividades em horários de pico ● Comunicar aos passageiros, por meio de parceria com as companhias aéreas, que o aeroporto está em obras para evitar maiores transtornos aos passageiros ● Informar periodicamente e antecipadamente à toda comunidade aeroportuária as áreas com intervenção de obras
Aumento das despesas do município/empresa	<ul style="list-style-type: none"> ● Desenvolver um planejamento detalhado e assertivo para evitar o aumento das despesas ● Realizar um bom gerenciamento do projeto, com controle do escopo, custos, prazo e qualidade nas entregas ● Elaborar e atualizar conforme necessário planos de gestão do projeto considerando os riscos e demais contingências ● Desenvolver treinamentos de capacitação e conscientização para os trabalhadores sobre a importância de racionalizar os processos construtivos, evitar retrabalhos e o desperdício de recursos
Aumento no volume de aterros de resíduos	<ul style="list-style-type: none"> ● Priorizar por metodologias construtivas enxutas e modulares para reduzir a geração de resíduos ao longo da obra ● Conscientizar a mão de obra por meio de treinamentos e campanhas educativas a necessidade de reduzir a geração de resíduos ● Desenvolver uma gestão eficiente dos resíduos durante a obra ● Buscar reutilizar e reciclar os materiais no projeto ou em outros empreendimentos ● Optar por sistemas construtivos que permitam a desmontagem e reutilização dos elementos em projetos futuros ● Promover distribuição de brindes às equipes que se destacam na minimização da geração e segregação dos resíduos ● Executar o monitoramento e controle para garantir o cumprimento da leis

Impactos Ambientais	Propostas de Ações Ambiental Mitigadora
	e regulamentos normativos
Danos a bens edificados	<ul style="list-style-type: none"> ● Alertar e informar aos funcionários os cuidados a serem tomados em áreas que possuam interferência com esses elementos ● Mapear as edificações existentes a serem mantidas, bem como realizar um inventário das condições físicas dos mesmos antes do início das obras ● Evitar o uso de máquinas e equipamentos nas proximidades dessas estruturas, evitando assim vibrações e maiores danos aos mesmos
Deteriorização da qualidade do ar	<ul style="list-style-type: none"> ● Priorizar máquinas e equipamentos de baixa emissão atmosférica ● Abastecer os veículos leves com biocombustíveis e os equipamentos pesados com diesel S-10 ● Implementar medidas de controle de poeiras e materiais em suspensão, como a aspersão do solo ● Realizar o monitoramento e controle do ar periodicamente ● Fazer o teste de fumaça nos equipamentos em operação no canteiro de obras ● Fiscalizar se os veículos e equipamentos atendem as legislações vigentes ● Elaborar um plano para reduzir as emissões de gases atmosférico e de efeito estufa durante a obra ● Realizar a manutenção preventiva dos veículos e equipamentos para evitar a emissão de gases ● Desenvolver treinamentos de capacitação e conscientização para os trabalhadores sobre a importância de preservar a qualidade do ar
Emissão de radiações	<ul style="list-style-type: none"> ● Cumprir as normativas e regulamentações de segurança radiológica e do trabalho ● Avaliar, preliminarmente, os riscos das atividades que emitem radiações para minimizar os danos ● Desenvolver o monitoramento da emissão de radiações ao longo da obra ● Desenvolver treinamentos de capacitação e conscientização para os trabalhadores sobre a emissão de radiações e os danos gerados pela mesma
Esgotamento das jazidas minerais	<ul style="list-style-type: none"> ● Buscar realizar o uso eficiente dos materiais durante a obra ● Evitar o desperdício dos materiais ● Procurar reduzir a geração de resíduos ● Promover a reutilização e a reciclagem dos materiais, dos resíduos e dos equipamentos existentes ● Priorizar o uso de metodologias construtivas sustentáveis e modulares ● Realizar treinamentos de capacitação e conscientização para os trabalhadores sobre a importância de conservar as jazidas minerais
Incômodo para a comunidade	<ul style="list-style-type: none"> ● Apresentar o projeto à população para que todos tenham conhecimento das interferências que o projeto pode gerar ● Desenvolver um planejamento assertivo, evitando a execução das atividades em horários de maior sensibilidade para a população ● Dispor e manter canais de comunicação entre a administração aeroportuária e a comunidade para monitorar e tratar as reclamações ● Adotar medidas de controle de emissão de ruído, poeira, gases atmosféricos, vibrações, etc ● Garantir a acessibilidade no entorno do empreendimento para moradores, pedestres e veículos ● Avaliar a possibilidade de ofertar compensação e contrapartidas que beneficiem os moradores durante as obras ● Desenvolver treinamentos orientativos para os trabalhadores para mitigar o desconforto da vizinhança ao longo da execução do empreendimento

Impactos Ambientais	Propostas de Ações Ambiental Mitigadora
Indução de processos erosivos	<ul style="list-style-type: none"> ● Realizar o controle da erosão do solo por meio de práticas sustentáveis ● Desenvolver o monitoramento das frentes de serviço suscetíveis a erosão ● Implantar barreiras e proteção física contra chuva e carreamento de partículas do terreno ● Instalar dispositivo lava rodas nas áreas de grande movimentação de equipamentos ● Proteger os dispositivos de drenagem com filtros com manta geotêxtil tipo Bidin ® ● Utilizar lona plástica para proteger as áreas de terraplanagem e pavimentos durante período chuvoso ● Implantar dispositivos provisórios para contenção e de direcionamento ordenado das águas de chuva para evitar a erosão do solo ● Desenvolver treinamentos de capacitação e conscientização para os trabalhadores sobre os danos gerados pela erosão do solo
Interferência das águas subterrânea	<ul style="list-style-type: none"> ● Armazenar e acondicionar os resíduos gerados de forma adequada ● Evitar o derramamento e vazamento de substâncias químicas e perigosas sobre o solo ● Minimizar a geração de efluentes e fazer a gestão dos mesmos de maneira adequada ● Dispor nas frentes de serviços kit de mitigação ambiental e mão de obra treinada para atuação caso precise ● Instalar sistema separador de água e óleo nos dispositivos de drenagem ● Desenvolver treinamentos de capacitação e conscientização para os trabalhadores sobre a importância de preservar as águas subterrâneas
Interferência e perda de cobertura vegetal	<ul style="list-style-type: none"> ● Buscar preservar as vegetações nativas e endêmicas existentes nas áreas de atuação do projeto ● Evitar a supressão da vegetação, porém aquelas que carecem de serem retiradas para a execução das obras, deve-se buscar replantá-las e em último caso realizar a compensação com o plantio de novas mudas nativas em área de proteção ● Limpar apenas as áreas previstas e necessárias para a execução da obra ● Priorizar os períodos mais secos do ano para executar a supressão vegetal e limpeza do terreno, tais recomendações protege as linhas de drenagens naturais, as áreas sensíveis a processos erosivos e a fauna ● Estabelecer rotas de tráfego de veículos e equipamentos para evitar interferência e perda da vegetação ● Desenvolver treinamentos de capacitação e conscientização para os trabalhadores sobre a importância de não interferir na vegetação
Perda e desperdício de água	<ul style="list-style-type: none"> ● Buscar utilizar a água de maneira eficiente durante a obra, evitando vazamentos e desperdício ● Fazer a coleta e armazenamento das águas pluviais para uso nas descargas, limpeza e aspersão do solo ● Fazer a gestão e o monitoramento de consumo da água ao longo do projeto ● Desenvolver treinamentos de capacitação e conscientização para os trabalhadores sobre a importância de preservar a água
Poluição luminosa	<ul style="list-style-type: none"> ● Instalar sensores de presença nas frentes de trabalho e áreas comuns do canteiro de obras ● Procurar direcionar a iluminação para as regiões que possuem necessidade, evitando direcionar para cima ● Efetuar o controle de intensidade luminosa nas áreas que demandam de sistema de iluminação

Impactos Ambientais	Propostas de Ações Ambiental Mitigadora
Poluição sonora	<ul style="list-style-type: none"> ● Utilizar protetores auricular durante a jornada de trabalho ● Controlar a emissão de ruído por meio de barreiras ou atenuadores distribuídos no canteiro de obras ● Monitorar os níveis de ruídos emitidos pelas máquinas, ferramentas e equipamentos nas frentes de serviços ● Priorizar a utilização de ferramentas, máquinas e equipamentos de baixa emissão de ruído ● Fiscalizar se os veículos e equipamentos atendem as legislações vigentes ● Realizar a manutenção preventiva dos veículos e equipamentos para evitar a emissão de ruídos ● Desenvolver treinamentos de capacitação e conscientização para os trabalhadores sobre a importância de minimizar a poluição sonora no ambiente de trabalho
Poluição visual	<ul style="list-style-type: none"> ● Buscar integrar a obra de ampliação e reforma aos elementos existente, priorizando o uso de materiais, cores e geometria que harmonize com os elementos já empregados nas estruturas disponíveis ● Evitar o uso excessivo de informações no tapume e nas placas de identificação do empreendimento ● Providenciar a instalação de iluminação apenas nas áreas essenciais para execução do projeto, sem impactar na comunidade vizinha ● Promover a organização e limpeza do canteiro de obras, removendo os resíduos e distribuindo os materiais em áreas isoladas
Pressão sobre os serviços urbanos	<ul style="list-style-type: none"> ● Priorizar a contratação de mão de obra que residam nas proximidades da obra, evitando o aumento do fluxo de veículos nas vias públicas e de passageiros no sistema de transporte público (ônibus e metrô) ● Disponibilizar de bicicletário no canteiro de obras e incentivar que os operários realizem o deslocamento para o trabalho em bicicletas ● Oferecer planos de saúde e odontológico aos operários e seus familiares ● Incentivar o uso do transporte público para os trabalhadores que residem em locais mais afastado do empreendimento ● Adotar práticas sustentáveis como a captação e utilização de águas pluviais e energia solar ● Desenvolver treinamentos para conscientização para os trabalhadores sobre a importância do uso eficiente da água, da energia e dos diversos recursos ● Realizar estudo de impacto na vizinha, para identificar a capacidade dos serviços urbanos existentes e buscar alternativas para reduzir a sobrecarga durante a execução do empreendimento ● Fazer um estudo e análise de viabilidade junto aos órgãos responsáveis sobre os impactos negativos que o projeto gera durante a obra
Redução da biodiversidade local	<ul style="list-style-type: none"> ● Incrementar plano de preservação das espécies endêmicas ou em risco de extinção através do manejo das mesmas ● Implantar áreas de conservação ambiental no próprio sítio aeroportuário ou na sua proximidade ● Desenvolver monitoramento ambiental antes, durante e após a conclusão da obra ● Avaliar os impactos na biodiversidade ao longo e ao término do projeto e agir de maneira corretiva quando necessário ● Desenvolver treinamentos de capacitação e conscientização para os trabalhadores sobre a importância de preservar a biodiversidade
Redução da oferta de emprego e renda	<ul style="list-style-type: none"> ● Informar os trabalhadores a temporalidade (início e fim) da obra antes da contratação ● Desenvolver um plano de demissão voluntária, que garante aos funcionários todos os direitos previstos na legislação ● Estimular o retorno dos operários, com residência fixa fora da região da obra, à sua origem ao fim do projeto com o fornecimento de passagens ● Constituir parcerias com órgãos de promoção de empregos para conduzir os funcionários desmobilizados para as processos seletivos conduzidos por essas instituições

Impactos Ambientais	Propostas de Ações Ambiental Mitigadora
Redução da oferta de energia	<ul style="list-style-type: none"> ● Planejar a execução das atividades críticas em horários de baixa demanda energética ● Priorizar o uso de energia de fontes renováveis e de baixa emissão ● Desenvolver treinamentos de capacitação e conscientização para os trabalhadores abordando a eficiência energética e a redução do desperdício ● Implantar tecnologias que visam a redução do consumo energético ao longo da obra (iluminação em LED, isolamento térmico nas áreas climatizadas, uso de equipamentos eficientes etc.) ● Monitorar e controlar o consumo de energia nas frentes de serviço ● Instalar sensores de presença nas frentes de serviço para evitar o consumo desnecessário de energia ● Realizar campanhas educativas para incentivar a redução do consumo de energia e uso racional dos recursos ● Analisar projetos e documentação técnica para identificar as redes existentes de modo a reduzir danos e interrupção no fornecimento
Risco de acidentes no trabalho	<ul style="list-style-type: none"> ● Realizar o isolamento das frentes de serviço e restringir o acesso apenas a pessoas autorizadas e habilitadas ● Sinalizar as frentes de trabalho com placas orientativas e educativas, de modo a alertar aos funcionários dos riscos ● Disponibilizar para os operários os equipamentos de proteção individual e treiná-los para que façam o uso correto dos mesmos ● Instalar equipamentos de proteção coletiva, de modo a proteger todas as partes envolvidas (colaboradores, passageiros e comunidade aeroportuária) nas frentes de serviços ● Realizar inspeções de segurança para identificar e corrigir imediatamente quaisquer desvios encontrados ● Checar os equipamentos e ferramentas antes do início das atividades ● Desenvolver diariamente diálogo de segurança nas frentes de serviços, enfatizando as atividades críticas do dia ● Elaborar treinamentos e capacitação da mão de obra com termos associados às normativas do Ministério do Trabalho e Emprego ● Promover campanhas educativas e orientativas sobre os riscos das atividades críticas ● Elaborar e divulgar a análise preliminar dos riscos do trabalho para cada tarefa em andamento ● Realizar a gestão dos resíduos sólidos, efluentes e substâncias perigosas ● Fiscalizar e atender as normas regulamentadoras vigentes do Ministério do Trabalho e Emprego

Fonte: O autor (2023).

4.3 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL APLICADA A OBRA AEROPORTUÁRIA

A legislação ambiental aplicada em obras aeroportuárias, possui o objetivo de garantir a preservação do meio ambiente, é muito ampla e consiste em leis, decretos e resoluções nas esferas Federal, Estadual e Municipal. Estes dispositivos legais ainda definem atos de infrações e punições em caso de não cumprimento das leis por parte do construtor e do operador do aeroporto. Verificou-se que o licenciamento ambiental para a obra em estudo é competência do município do Recife, esse processo está aderente a PNMA (1981) que determina que a licença ambiental pode ser emitida por diferentes esferas do governo.

Conforme o Decreto Municipal nº 27.529, de 19 de novembro de 2013, para início dos

trâmites legais de licenciamento da obra de expansão de SBRF foi requisitada pela Aena Brasil, junto ao órgão municipal, a Orientação Prévia para Empreendimentos de Impacto (OPEI) de número 89 por meio do processo de número 8049356320. O respectivo documento versa sobre formulação de diretrizes urbanísticas integradas no Recife e tem o objetivo de instruir os empreendedores a respeito dos procedimentos de elaboração de projetos para investimentos públicos e privados de Impacto no território do Recife.

Após a emissão do OPEI 89 foi elaborado o Estudo Ambiental conforme previsto no Estatuto das Cidades (Lei Federal nº 10.257/2001, a Resolução CONAMA nº 470/2015 e o Decreto Municipal nº 35.608/2022, constituído pelo Relatório Preliminar Ambiental, Memorial Descritivo do Empreendimento e do Estudo de Impacto à Vizinhança. O respectivo dossiê, também é composto pelo projeto Arquitetônico e anuências de viabilidade pelos órgãos e concessionárias de distribuição de água e energia que subsidiou a aprovação do projeto junto a Prefeitura do Recife e respectivamente a emissão da Licença Prévia (LP) nº 8076681920 que elenca 14 Condicionantes Gerais e 6 Condicionantes Específicas. Como verificado no Capítulo 2, a obtenção da licença ambiental para empreendimentos da construção civil nem sempre é emitida no prazo previsto, gerando impactos de custos e prazos na maioria das vezes (CANGUSSU *et al.*, 2022).

Para iniciar as atividades *Landside* de SBRF foi preciso dar entrada em um processo de regularização do TPS existente e de todas as edificações existentes no sítio aeroportuário, visto que a antiga gestora do SBRF não havia realizado a legalização do aeroporto junto aos órgãos e instituições competentes, cabendo a atual administradora a responsabilidade de regularizar o empreendimento, o que postergou o início das obras em 6 meses devido a necessidade da emissão do Certificado de Deferimento de Legalização com Reforma de nº 8105285321.

Esse item está aderente ao encontrado na literatura, conforme apontado por Gonçalves da Silva *et al.* (2022), após a transferência dos aeroportos brasileiros para a iniciativa privada foi verificado uma melhoria na infraestrutura e processos. No caso de SBRF, a atual administradora realizou a legalização junto a esfera municipal e está adequando as instalações do TPS à legislação do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco durante as obras de expansão. Fica aqui uma crítica, pois verificou-se que a administração pública que formula as leis, normativas e regulamentações nas esferas Federal, Estadual e Municipal não exerceram essas prerrogativas legais no âmbito da construção e operação do aeroporto em observação desde a sua implantação.

Dessa forma, constatou-se que a INFRAERO não emitiu o licenciamento ambiental conforme prescreve a Resolução CONAMA nº 237/1997, o que é considerado crime ambiental

pela Lei Federal nº 9.605/1998. Além disso, a antiga gestora do SBRF fazia a operação do respectivo aeroporto em desacordo com o Decreto Estadual nº 19.644, de 13 de março de 1997, que estabelece e define critérios acerca de sistemas de segurança contra incêndio e pânico para edificações no Estado de Pernambuco. Elemento considerado de grave magnitude já que o aeroporto não dispunha de saídas de emergência suficientes e a sinalização de rota de fuga existente não era satisfatória, o que colocava em risco a operação e a integridade física da comunidade aeroportuária e dos seus usuários.

Após emitido o Certificado de Deferimento de Legalização com Reforma de nº 8105285321, foi realizado o Registro Geral de Imóvel já considerando a estrutura existente do sítio aeroportuário construída pela INFRAERO. Consequentemente, submeteu-se junto ao Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco o protocolo de Auto de Vistoria do Corpo de Bombeiros para atender as normativas de sua competência. Além disso, constatou-se que foi desenvolvido e enviado a Autarquia de Manutenção e Limpeza Urbana do Recife os Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção (PGRCC) de Reforma e Demolição conforme preconizam a Resolução CONAMA nº 307/2002 e a Lei Municipal nº 17.072/2005.

O projeto ainda foi submetido à aprovação da Comissão de Controle Urbanístico e ao Conselho de Desenvolvimento Urbano, conforme regulamentam respectivamente os Decretos Municipais nº 27.305/2013 e 16.940/1995. Esse último foi aberto ao público, onde a concessionária vigente apresentou as intervenções previstas para o SBRF para a comunidade e a mesma contribuiu com questionamentos e sugestões de melhorias que foram agregadas ao projeto. A partir desse processo, a Prefeitura do Recife e Aena Brasil assinaram o Termo de Compromisso de Adoção de Medidas Mitigadoras nº 3401.2021/2022 conforme Leis Municipais nº 16.176/1996 e 16.292/1997 o que foi um pré-requisito para emissão da Licença de Instalação nº 8050314522 e do Alvará de Construção nº 8061552022, visto que as condicionantes da LP já estavam cumpridas. Devido a necessidade de legalização do empreendimento existente como uma reforma, o próprio AC já contempla a autorização de demolição.

Vale destacar que o aeroporto era operado pela INFRAERO violando a orientações preconizadas pela Portaria nº 957/GC3, de 9 de julho de 2015, cabendo a atual administradora realizar a demolição de edifícios e a supressão da vegetação considerada como obstáculo para as operações aéreas. A Figura 80 ilustra uma imagem extraída do *Google Earth* referente ao mês de julho de 2019, período anterior à atual gestão aeroportuária, onde é possível verificar os obstáculos (vegetação e edifícios) imersos na zona de transição/segurança operacional destacada na hachura vermelha. Além disso, é visível que a antiga posição da cabeceira 18

também estava em um local inadequado perante Portaria DECEA n° 23/ICA, de 14 de julho de 2015 e não dispunha de RESA conforme RBAC 153 (2021) e RBAC 154 (2021).

Figura 80 - Visão da zona de transição operacional antes do início da concessão



Fonte: *Google Earth*, adaptado pelo autor (2023).

Para atendimento da obrigatoriedade contratual com a ANAC, conforme já mencionado na Revisão Bibliográfica, foi necessário suprimir 459 árvores em todo o sítio aeroportuário do Recife. Todos os elementos vegetais suprimidos foram permitidos pelo Município por meio das Autorizações Ambientais para Erradicação de n° 8033183322, 8077268422, 8121149122 (emitidas no ano de 2022) e 8005895023 e 8037150023 (emitidas em 2023), as árvores serão compensadas através do plantio 996 exemplares, conforme Termo de Definição de Objeto de Compensação específicos para cada autorização.

A compensação dos indivíduos arbóreos, está em processo de discussão entre as partes interessadas. A Aena Brasil contratou uma empresa especializada para desenvolver o projeto de especificação dessas árvores, distribuição no sítio aeroportuário e ao entorno dos acessos ao SBRF para contribuir com o paisagismo local. Ele está sendo concebido conforme as orientações e procedimentos descritos no Manual de Arborização Urbana da Secretaria de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente da Prefeitura da Cidade do Recife (2017). Esse fluxo está de acordo com o sinalizado pelo CDA (2020), onde há uma orientação que o projeto de paisagismo busque especificar espécies nativas.

Ainda foi preciso realizar a demolição dos antigos hangares que eram operados pela Base Aérea do Recife, bem como realizar o deslocamento das cabeceiras ocorrido em 17 de maio de 2023 para atendimento do contrato de concessão e das normativas específicas para o

setor aeroportuário. A Figura 81, ilustra a mais recente imagem disponível, correspondente ao mês de abril de 2023, no Google Earth onde é possível observar o status das intervenções até aquele momento na região de segurança.

Figura 81 - Visão mais atual (abril de 2023) de satélite na zona de transição operacional



Fonte: *Google Earth*, adaptado pelo autor (2023).

Após o comparativo entre as Figuras 80 e 81 é possível observar a execução da supressão vegetal controlada e extremamente limitadas nas áreas demarcadas pela zona de transição (linhas vermelhas). As regiões hachuradas na Figura 81 projetam em azul o ponto de implantação da RESA da cabeceira 18 e na cor branca a nova posição da cabeceira 18. Essas intervenções conferem ao SBRF a garantia de processar aeronaves atendendo aos regulamentos aeronáuticos.

Foi identificado que as condicionantes ambientais previstas na LI nº 8050314522 e do AC nº 8061552022 vem sendo atendidas, segundo prescreve a Resolução CONAMA nº 371/2006, conforme o empreendimento avança fisicamente. Contudo, é importante frisar que isso é uma etapa essencial do processo de atendimento às exigências no âmbito ambiental. Porém, somente cumprir as condicionantes não garante que as leis ambientais sejam desempenhadas em sua totalidade. É necessário considerar e divulgar junto às equipes todo o pacote legal de modo a promover uma maior conscientização, e fiscalização pelas partes envolvidas para evitar o descumprimento.

Constatou-se que duas condicionantes impostas ao empreendimento se fizeram necessárias devido ao descaso, no passado, de órgãos competentes frente a preservação do patrimônio histórico e cultural. A praça do Aeroporto, de autoria do paisagista Burle Marx e

tombada pelo IPHAN e os painéis do artista plástico Lula Cardoso Ayres, instalados no antigo TPS, em processo de tombamento, foram abandonadas pela administração pública ao longo dos anos após a inauguração do atual TPS do SBRF. A atual administradora fará, por meio de condicionantes ambientais, a revitalização da praça após aprovação dos projetos junto às partes interessadas e já iniciou o processo de proteção para posterior revitalização das pinturas que se encontram em processo de tombamento conforme OPEI n° 89.

Diante do exposto acima verifica-se mais uma vez, que a concessão dos aeroportos brasileiros é benéfica não apenas aos atributos de mobilidade, economia, turismo, defesa, entre outros. Ela também resgata a memória cultural de um povo, através do cumprimento de condicionantes e contribuições socioculturais à população como a preservação e restauração desses elementos quando estão circundados às suas adjacências. Além disso, faz parte dos compromissos firmados entre Aena e a prefeitura a melhoria do viário de acesso ao SBRF, a preservação das calçadas ao entorno do aeródromo e a extensão das ciclovias para incentivar o uso de bicicletas no deslocamento da comunidade aeroportuária até o trabalho.

Apesar da gestora aeroportuária ter condicionado a certificação NBR ISO 14.001 (ABNT, 2015) para a contratação das empresas que estão executando o projeto, percebeu-se a ocorrência da mistura entre resíduos em pontuais frentes de serviços. A literatura sinaliza que a gestão dos resíduos é um dos maiores entraves do setor construtivo (Edwards (2005), Borja (2019), CDA (2020), Falcão *et al.* (2022), Halvorsen e Andersson (2023)) e no caso da ampliação de um aeroporto esse gerenciamento se torna um desafio ainda maior. Pois, envolve várias empresas específicas como os fornecedores de equipamentos aeronáuticos, a equipe interna de manutenção, entre outras, demandando de uma sinergia ambiental elevada entre esses atores.

Verificou-se que a equipe técnica responsável pela fiscalização do empreendimento atua de forma incisiva junto as demais contratadas, contribuindo para que as normativas listadas a seguir sejam cumpridas por meio de ações preventivas e corretivas, e em último caso através de listas de verificações ou até mesmo relatórios de não conformidades.

- Resolução CONAMA n° 307/2002.
- Lei Municipal n° 17.072/2005.
- Lei Ordinária n° 14.236/2010.
- Política Nacional de Resíduos Sólidos (2010).
- Plano Nacional de Resíduos Sólidos (2022).

É importante realçar, conforme já mencionado no item 4.2.1, que o empreendimento em estudo investe de maneira maciça em treinamentos, campanhas educativas e demais ações de racionalização ambiental dos trabalhadores, como a disposição de coletores devidamente identificados, fixação de cartazes com orientações de caráter sustentável nas áreas de vivência e nas frentes de serviços. Foi percebido durante o período de observação dessa pesquisa, que essa problemática é de cunho meramente comportamental. Pois, verificou-se que os recursos necessários para a correta gestão dos resíduos estão à disposição de todos os colaboradores.

Recomenda-se que as lideranças das equipes ainda envolvidas na ampliação do SBRF continuem agindo de maneira preferencialmente preventiva e corretiva, caso necessário, para a garantia da gestão dos resíduos sólidos que ainda serão gerados até a conclusão do projeto, conforme determina o PGRCC validado junto ao agente público municipal. É de fundamental importância que a respectiva obra trate esse desvio comportamental, não apenas por se tratar de uma questão legal, mas também para poupar o meio ambiente, garantir as diretrizes e boas práticas de gestão ambiental que é almejado por toda a sociedade, em especial, nos canteiros de obras.

Nesse contexto, salienta-se a recomendação da inserção de disciplinas de noções básicas de gestão ambiental nas escolas primárias com o objetivo de formar e preparar os futuros cidadãos com maior racionalidade ambiental e que possivelmente não enfrentarão os problemas que a sociedade atual enfrenta. Esse processo está amparado pela PNRS (2010), visto que a mesma busca promover uma mudança comportamental da população e o engajamento do setor público.

Os resíduos sólidos e efluentes gerados pela obra são destinados seguindo as orientações da Política do Meio Ambiente da Cidade do Recife, por meio de empresa especializada e licenciada. Bem como, o controle e minimização dos ruídos provenientes da execução da expansão do SBRF por meio de tapumes fixos ou provisórios. As madeiras adquiridas e aplicadas nas mais variadas atividades da obra são licenciadas e provenientes de reflorestamento, conforme especifica a Instrução Normativa nº 21/2014 do IBAMA.

Foi apurado que o órgão fiscalizador municipal possui ação atuante, sendo verificado a presença do mesmo no canteiro de obras periodicamente, o que evidencia o cumprimento da Lei Federal Complementar nº 140/2011. Também foi aferido, que até 30 de junho de 2023 o respectivo órgão não havia se pronunciado sobre nenhuma contestação de não conformidade perante o cumprimento da legislação ambiental em vigência pela expansão de SBRF.

Identificou-se que a subcontratação de fornecedores pelas empresas contratadas para o projeto segue o seguinte fluxo: apresentação da documentação legal do provável fornecedor,

com as suas respectivas licenças e alvarás, para aprovação da Aena Brasil e somente após validação da concessionária que essas empresas formalizam a contratação dos serviços junto aos seus terceiros. Verifica-se que uma das principais vantagens do procedimento adotado é a garantia que todo e qualquer fornecedor esteja regularmente certificado e licenciado junto aos órgãos competentes para o desenvolvimento das atividades previstas. Logo, pode-se afirmar, por exemplo, que todos os materiais naturais adquiridos são provenientes de jazidas devidamente licenciadas e habilitadas pelos órgãos fiscalizadores.

Também foi verificado que durante a gestão da INFRAERO vários elementos normativos, a exemplo do sistema de RESAs nas cabeceiras, que garantem a segurança operacional das movimentações de pouso e decolagem das aeronaves não foram instaladas o que colocava em risco a todo o processamento dos aviões, passageiros e cargas. Isso converge com as informações levantadas na revisão bibliográfica (Machado *et al.* (2019), (MINFRA, 2020), e Gonçalves da Silva *et al.* (2022)) que o órgão não realizou os investimentos necessários para operacionalidade da infraestrutura aeroportuária do Brasil. Logo, o Programa de Concessão da ANAC é de grande benfeitoria para a população brasileira por obrigar, ao novo administrador aeroportuário, o tratamento de todos os itens que a antiga gestora descumpriu frente a legislação específica para esse segmento, além de incentivar diversas outras melhorias aos aeroportos concedidos a exemplo de maior conforto aos usuários.

Dessa forma, a Aena Brasil protocolou junto ao município a solicitação de anuência para dar início aos serviços de requalificação, manutenção e preservação da infraestrutura do *Airside*. De acordo com Ofício nº 1.013/2021, emitido pela Prefeitura da Cidade do Recife, por meio da Secretaria de Política Urbana e Licenciamento, as obras *Airside* foram autorizadas em 28/12/2021 visto que é uma área sobre regulamentação própria e específica da ANAC conforme ANUÊNCIA Nº 11/2022/GTEA/GCOP/SAI emitida em 13/01/2022.

Para a obtenção da respectiva carta de anuência da prefeitura local, foi necessário apresentar um relatório detalhado de todas as intervenções de recuperação e adequação do sistema de pátios e pistas, bem como as metodologias construtivas e a apresentação das ações de preservação e mitigação ambiental para cada elemento, confeccionado pelo autor desta dissertação, para o cumprimento das exigências da RBAC 153 (ANAC, 2021), RBAC 154 (ANAC, 2021) e da Portaria nº 957/GC3, de 9 de julho de 2015. Esse processo foi importante e necessário, visto que as condições do *Airside* encontradas pela atual gestora do sítio aeroportuário não estavam aderentes aos regulamentos aeronáuticos. Após as publicações da Portaria nº 1.424/GC3, de 14 de dezembro de 2020 e da Instrução do Comando da Aeronáutica 11-408, de 04 de janeiro de 2021 essa problemática foi agravada, visto que ambas as

obrigatoriedades abordam as restrições de objetos projetados no espaço destinado à movimentação de aviões, e todos os esforços foram destinados pela Aena Brasil para a resolução.

Contudo, verificou-se que ao término do período de análise e coleta dos dados para fomentar essa pesquisa, o empreendimento em análise tem cumprido as demais legislações ambientais vigentes e inventariadas nesta dissertação. Constatou-se que as leis municipais do Recife, no âmbito ambiental, são aderentes às jurisprudências superiores e a própria Constituição da República Federativa do Brasil (1988). Apesar de não ter sido identificado nenhum conflito legislativo no decorrer da análise das informações avaliadas nesse estudo, caso haja essa ocorrência até o término da obra, recomenda-se pela opção de prevalência daquela que apresente maior restrição aos danos ambientais, contribuindo que as futuras gerações ainda encontrem condições de sobrevivência sustentáveis num futuro bem próximo.

4.4 PROPOSTA DE INDICADORES DE GESTÃO AMBIENTAL PARA OBRA AEROPORTUÁRIA

A partir da consulta a 114 profissionais, especialistas em gestão ambiental e na construção e ampliação de aeroportos, atuantes em 6 países, e diferentes perfis, com o objetivo de listar os indicadores ambientais mais relevantes a serem aplicados em uma obra aeroportuária. Destaca-se que do total de consultados, apenas 2 são estrangeiros e os demais são brasileiros. A distribuição das localidades de atuação profissional e do quantitativo de participantes são apresentados no Quadro 35.

Quadro 35 - Distribuição das áreas de atuação dos especialistas consultados

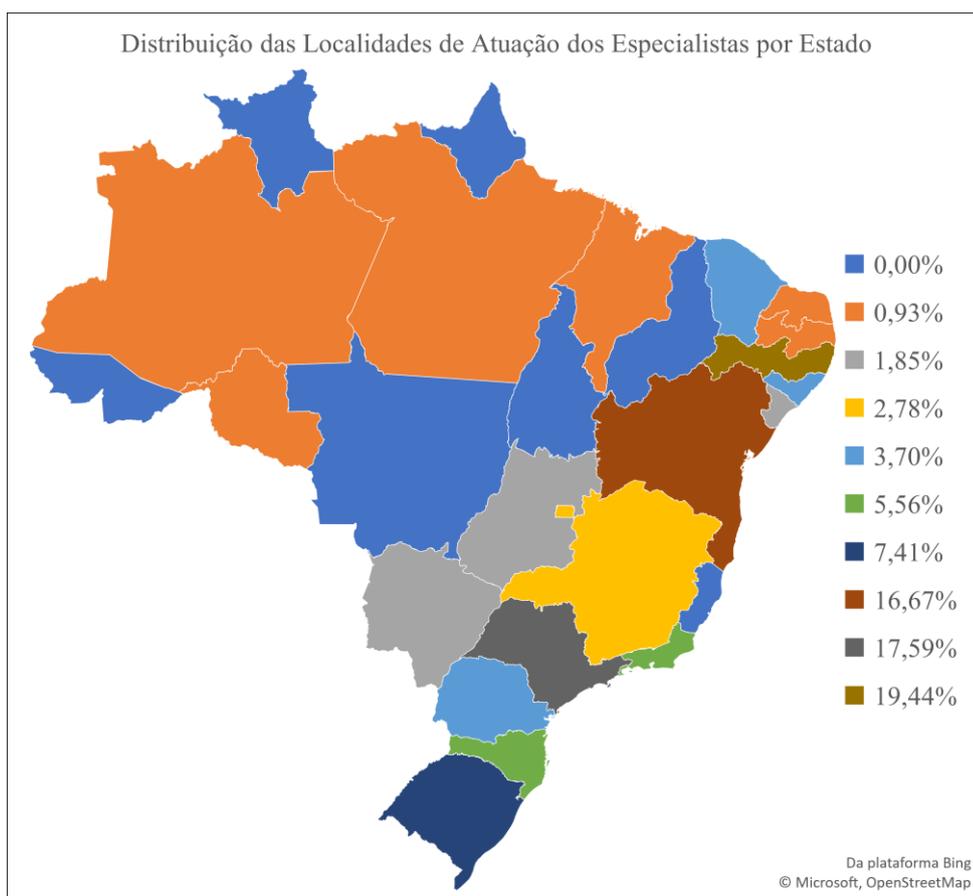
País	Número de Participantes	Percentual de Contribuição
Brasil	108	94,74%
Canadá	1	0,88%
Colômbia	1	0,88%
Estados Unidos	2	1,75%
Kuwait	1	0,88%
Portugal	1	0,88%

Fonte: O autor (2023).

Observou-se que 14,04% dos participantes desenvolveram ou ainda exercem alguma atividade profissional e intelectual que tem relação direta com o empreendimento em análise. O questionário obteve respostas das 5 regiões geográficas brasileiras, havendo predominância

de adesão pelo Nordeste (48,15%) e uma menor participação do Norte do país (2,78%). O Centro-Oeste apresentou uma participação de 6,48%, o Sul contribuiu com 16,67% e o Sudeste representou 25,93% da amostra obtida. A distribuição percentual de participação entre os estados brasileiros é indicada na Figura 82.

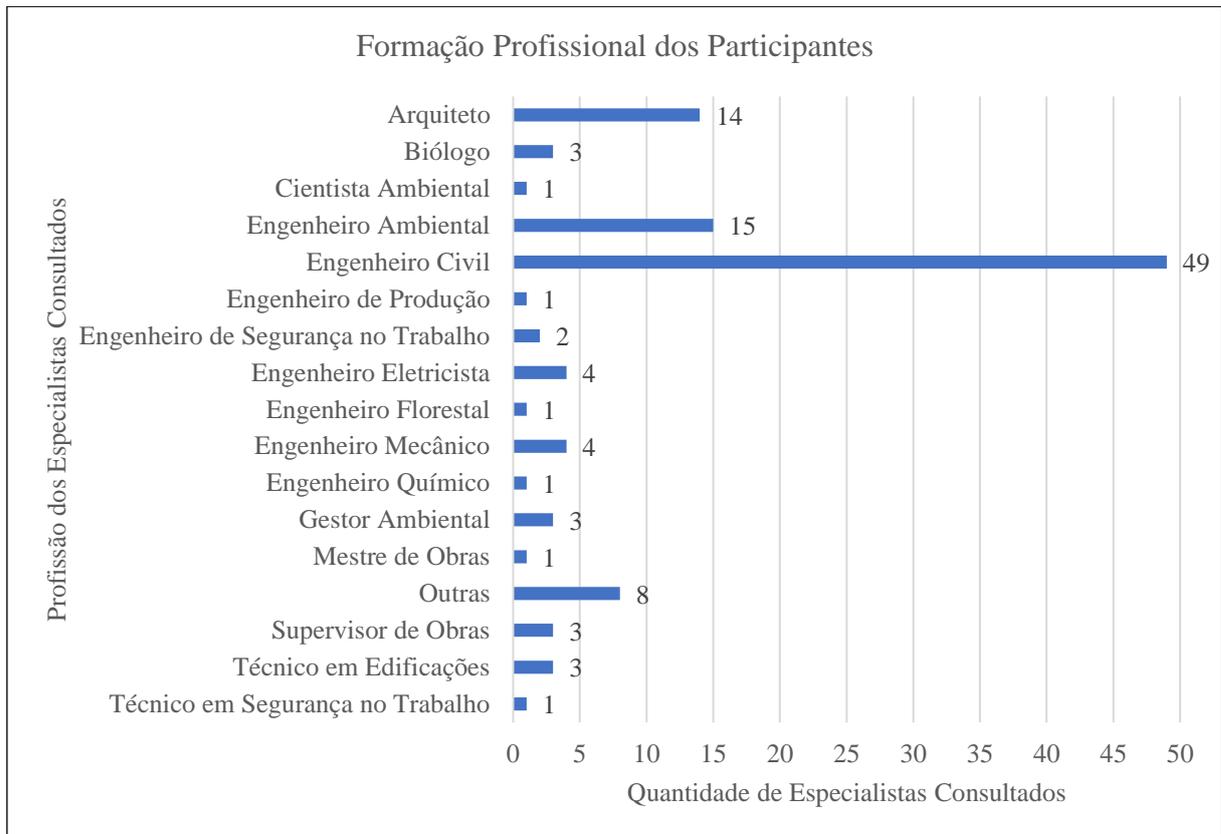
Figura 82 - Distribuição dos especialistas consultados no território brasileiro



Fonte: O autor, adaptado de Microsoft (2023).

A partir da análise da Figura 82 é possível verificar que entre os profissionais que atuam no território nacional, aqueles que estão locados em Pernambuco foram os que melhor receberam o estudo com 19,44% de participação. Não houve retorno dos especialistas que desenvolvem suas atividades laborais nos estados do Acre, Amapá, Espírito Santo, Mato Grosso, Piauí, Roraima e Tocantins. A formação profissional dos especialistas também foi levantada e a Figura 83 ilustra os resultados obtidos.

Figura 83 - Distribuição da formação profissional dos especialistas consultados



Fonte: O autor (2023).

A formação profissional dos participantes se manifestou de forma interdisciplinar, esse resultado coincide com o verificado na literatura consultada (MINFRA, 2021). Verificou uma grande atuação de Engenheiros Civis, correspondendo a 42,98% do total de contribuições de respostas ao questionário disponibilizado para essa consulta. Foi percebido uma baixa adesão de especialistas com formação em Biologia, Ciência Ambiental e Gestão Ambiental, essa informação pode indicar que o mercado construtor de aeroportos ainda não percebeu a importância e a contribuição ambiental que esses profissionais podem proporcionar a um projeto de tamanha complexidade e multidisciplinaridade como a implantação, ampliação e reforma de um sítio aeroportuário.

Foi questionado o tempo de experiência profissional dos participantes, os resultados apontam que a amostra em análise é formada por 57,89% de profissionais que já atuam no mercado por mais de 10 anos. A distribuição da experiência profissional dos participantes é apresentada no Quadro 36 e as funções que esses especialistas exercem são variadas.

apontaram que todos os indicadores são partilhados para todos os colaboradores. Além disso, 6,14% afirmaram que apenas os indicadores negativos são divulgados para todos os empregados e 24,56% declararam que somente parte dos indicadores são apresentados para todos os envolvidos na obra.

Após a análise das respostas disponibilizadas pelos especialistas, verificou-se que a divulgação dos indicadores ambientais de uma obra aeroportuária é feita através de diferentes canais de comunicação. Com base nas informações obtidas, pode-se afirmar que 50,29% dos respondentes informaram que usam o diálogo diário de segurança para apresentar os indicadores ambientais, 35,89% sinalizaram que essa divulgação ocorre durante a integração e treinamentos de reciclagem. Verificou-se que 55,32% dos entrevistados fazem uso de cartazes e de quadros de gestão à vista espalhados pela obra para noticiar os indicadores ambientais.

Também foi identificado que 30% afirmaram que suas obras publicam as informações sobre os indicadores em jornais de distribuição interna no empreendimento, 40% informaram que recebem essas informações por e-mail, 15% pontuaram o uso de outros meios, como publicações físicas e on-line e somente 10% sabem dessas informações por meio de reuniões estratégicas.

Ao interrogar se a empresa que os respectivos especialistas trabalham faz a divulgação dos indicadores ambientais para o mercado, averiguou-se que 50,88% afirmaram que não e 49,12% responderam que sim. Entre aqueles que responderam que as empresas revelam os seus indicadores para o mercado, verificou-se que 75,00% indicaram que essa divulgação é feita por meio do *website* da própria empresa. Cerca de 55,36% das respostas declararam que suas organizações emitem relatórios anuais de sustentabilidade, 39,29% publicam em periódicos especializados sobre o tema e 14,29% fazem anúncios em jornais de grande circulação. Apenas um respondente informou que a sua empresa faz a divulgação dos dados em concursos e premiações (Aeroportos Sustentáveis da ANAC).

Para relacionar os indicadores propostos no questionário, utilizou-se das informações verificadas na literatura a exemplo de Lenzen *et al.* (2003), Vechi *et al.* (2016), Borja (2019) e Wijewantha e Kulatunga (2022) e da experiência profissional do autor dessa dissertação. A seguir serão apresentados 97 sugestões de indicadores de gestão ambiental em obras aeroportuárias, separados por 8 categorias abordadas nessa pesquisa e adaptadas da série 300 das normas do GRI: Materiais, Energia, Combustíveis e Derivados de Petróleo, Águas e Efluentes, Emissões de Gases e Materiais Particulados, Geração de Resíduos Sólidos, Avaliação Ambiental de Fornecedores e Conformidade Ambiental. A análise das respostas foi realizada por grupo de indicadores de gestão ambiental, conforme apresentado no questionário

eletrônico.

Ao se averiguar a confiabilidade das respostas dos 97 indicadores propostos, para todas as classes avaliadas em conjunto, através do coeficiente Alfa de Cronbach, verificou-se que a mesma se comportou como muito alta, atingindo o índice de 0,974 (Figura 85). Esse resultado sinaliza uma robusta consistência interna nas informações obtidas pelo questionário, logo pode-se afirmar que os itens (perguntas e respostas) estão bem correlacionados entre si.

Figura 85 -Análise da confiabilidade das respostas dos 97 indicadores avaliados

Estatísticas de confiabilidade		
Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach com base em itens padronizados	N de itens
,974	,975	97

Fonte: O autor (2023).

A análise e discussão dos indicadores de sustentabilidade ambiental indicados para a gestão ambiental de obras aeroportuárias, será detalhada nos próximos tópicos para cada uma das categorias avaliadas. Além disso, é apresentada uma correlação de como cada classe de indicadores propostos pode colaborar com o cumprimento dos ODS propostos pela ONU (2015).

4.4.1 Materiais

As obras aeroportuárias, por sua própria natureza e amplitude, demandam de um grande volume de materiais para sua construção e ampliação. Verificou-se que esse processo requer uma ampla variedade de materiais, desde os mais triviais como o cimento aos mais especializados a exemplo dos vidros utilizados nas fachadas que são resistentes aos impactos e devem garantir o isolamento acústico e térmico do TPS. Os materiais empregados nas obras aeroportuárias podem colaborar com o cumprimento de parte dos 17 ODS propostos pela ONU (2015).

Uma boa maneira para atender aos 17 ODS propostos pela ONU (2015) é através do monitoramento dos indicadores ambientais. Para a categoria Materiais, o questionário utilizado durante a coleta dos dados junto aos especialistas apresentou como sugestão 36 indicadores de

gestão ambiental para obras aeroportuárias. Eles estão relacionados no Quadro 37 e se buscou distribuí-los o mais próximo possível da classificação proposta pela Resolução CONAMA nº 307/2002.

Quadro 37 - Indicadores ambientais propostos para os materiais no questionário

Proposta de Indicadores Ambientais para Gestão Ambiental de Obras Aeroportuárias - Materiais
Consumo de areia (m ³)
Consumo de argamassa para levante e reboco (Kg)
Consumo de argamassa para assentamento de piso e azulejo (Kg)
Consumo de bloco cerâmico (Unid.)
Consumo de bloco de concreto (Unid.)
Consumo de concreto estrutural (m ³)
Consumo de revestimento cerâmico (m ²)
Consumo de solo para aterro (m ³)
Consumo de BGS (m ³)
Consumo de aço - barras e vergalhões (Kg)
Consumo de arame (Kg)
Consumo de cabos e fios de cobre (Kg)
Consumo de forro metálico (m ²)
Consumo de madeira estrutural para pilares e vigas (m ³)
Consumo de madeira para assoalhos e piso (m ³)
Consumo de madeira para esquadrias (m ³)
Consumo de madeira para forma (m ³)
Consumo de madeira para serviços preliminares - tapumes e gabaritos (m ³)
Consumo de tubulação em aço carbono (Kg)
Consumo de tubulação em PVC, Rib Loc, PEAD e PPR (m)
Consumo de vidro (m ²)
Consumo de forro em gesso (m ²)
Consumo de gesso em placa (m ²)
Consumo de gesso em pó (Kg)
Consumo de tintas e solventes (L)
Consumo de asfalto (Ton.)
Consumo de cimento (Kg)
Consumo de forro mineral (m ²)
Consumo de luminárias (Unid.)
Consumo de brita (m ³)
Consumo de rocha ornamental - mármore e granito (m ²)
Controle de perdas de materiais durante o transporte (%)
Controle de perdas de material por retrabalho (%)

Proposta de Indicadores Ambientais para Gestão Ambiental de Obras Aeroportuárias - Materiais
Controle de perdas incorporadas (ex: espessura maior do reboco e de lajes) (%)
Uso de material reaproveitado (Kg)
Uso de material reciclado (Kg)

Fonte: O autor (2023).

Verificou-se após a sistematização dos dados coletados que nenhum dos indicadores propostos para a categoria Materiais, ficou sem classificação por parte dos respondentes. Foi realizada a análise da confiabilidade das respostas para os 36 indicadores, por meio do coeficiente Alpha de Cronbach. Observou-se que a amostra de resposta apresentou um valor de 0,961, conforme apresentado na Figura 86. Através da análise do índice encontrado é possível verificar uma pujante consistência dos dados coletados por meio da análise das respostas do questionário para a classe avaliada.

Figura 86 - Análise da confiabilidade das respostas dos 36 indicadores da categoria material

Estatísticas de confiabilidade		
Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach com base em itens padronizados	N de itens
,961	,961	36

Fonte: O autor (2023).

Notou-se que a distribuição do índice de relevância para os indicadores dessa classe apresentou um comportamento assimétrico quanto a normalidade gaussiana. O Quadro 38 apresenta a distribuição de relevância para cada um dos indicadores avaliados no questionário, para a categoria Materiais.

Quadro 38 - Distribuição da relevância dos indicadores indicados para a classe de materiais

Proposta de Indicadores Ambientais para Gestão Ambiental de Obras Aeroportuárias - Materiais	Sem Relevância		Pouca Relevância		Neutro		Relevante		Muita Relevância		Mediana	Moda
	Frequência Absoluta	Proporção										
Consumo de areia (m³)	1	0,9%	15	13,2%	17	14,9%	52	45,6%	29	25,4%	Relevante	Relevante
Consumo de argamassa para levante e reboco (Kg)	2	1,8%	17	15,0%	20	17,7%	49	43,4%	25	22,1%	Relevante	Relevante
Consumo de argamassa para assentamento de piso e azulejo (Kg)	3	2,6%	15	13,2%	26	22,8%	49	43,0%	21	18,4%	Relevante	Relevante
Consumo de bloco cerâmico (Unid.)	3	2,6%	18	15,8%	28	24,6%	38	33,3%	27	23,7%	Relevante	Relevante
Consumo de bloco de concreto (Unid.)	3	2,7%	13	11,5%	26	23,0%	48	42,5%	23	20,4%	Relevante	Relevante
Consumo de concreto estrutural (m³)	0	0,0%	9	8,0%	16	14,3%	44	39,3%	43	38,4%	Relevante	Relevante
Consumo de revestimento cerâmico (m²)	2	1,8%	16	14,4%	28	25,2%	43	38,7%	22	19,8%	Relevante	Relevante
Consumo de solo para aterro (m³)	1	0,9%	8	7,1%	17	15,0%	46	40,7%	41	36,3%	Relevante	Relevante
Consumo de BGS (m³)	1	0,9%	9	8,1%	25	22,5%	56	50,5%	20	18,0%	Relevante	Relevante
Consumo de aço - barras e vergalhões (Kg)	2	1,8%	7	6,2%	22	19,5%	43	38,1%	39	34,5%	Relevante	Relevante
Consumo de arame (Kg)	6	5,3%	13	11,5%	35	31,0%	39	34,5%	20	17,7%	Relevante	Relevante
Consumo de cabos e fios de cobre (Kg)	2	1,8%	10	8,8%	23	20,2%	48	42,1%	31	27,2%	Relevante	Relevante
Consumo de forro metálico (m²)	3	2,8%	12	11,0%	29	26,6%	45	41,3%	20	18,3%	Relevante	Relevante
Consumo de madeira estrutural para pilares e vigas (m³)	3	2,7%	6	5,4%	14	12,5%	44	39,3%	45	40,2%	Relevante	Muito Relevante
Consumo de madeira para assoalhos e piso (m³)	5	4,5%	7	6,3%	21	18,8%	40	35,7%	39	34,8%	Relevante	Relevante
Consumo de madeira para esquadrias (m³)	5	4,5%	8	7,1%	19	17,0%	46	41,1%	34	30,4%	Relevante	Relevante
Consumo de madeira para forma (m³)	2	1,8%	7	6,3%	21	18,9%	39	35,1%	42	37,8%	Relevante	Muito Relevante
Consumo de madeira para serviços preliminares - tapumes e gabaritos (m³)	4	3,5%	8	7,1%	22	19,5%	37	32,7%	42	37,2%	Relevante	Muito Relevante
Consumo de tubulação em aço carbono (Kg)	2	1,8%	14	12,4%	27	23,9%	43	38,1%	27	23,9%	Relevante	Relevante
Consumo de tubulação em PVC, Rib Loc, PEAD e PPR (m)	3	2,6%	15	13,2%	20	17,5%	44	38,6%	32	28,1%	Relevante	Relevante
Consumo de vidro (m²)	4	3,5%	10	8,8%	28	24,8%	51	45,1%	20	17,7%	Relevante	Relevante
Consumo de forro em gesso (m²)	2	1,8%	19	16,8%	24	21,2%	41	36,3%	27	23,9%	Relevante	Relevante
Consumo de gesso em placa (m²)	3	2,7%	18	15,9%	25	22,1%	42	37,2%	25	22,1%	Relevante	Relevante
Consumo de gesso em pó (Kg)	4	3,6%	17	15,2%	28	25,0%	37	33,0%	26	23,2%	Relevante	Relevante
Consumo de tintas e solventes (L)	4	3,5%	5	4,4%	17	15,0%	37	32,7%	50	44,2%	Relevante	Muito Relevante
Consumo de asfalto (Ton.)	1	0,9%	3	2,6%	14	12,3%	40	35,1%	56	49,1%	Relevante	Muito Relevante
Consumo de cimento (Kg)	0	0,0%	6	5,3%	12	10,6%	47	41,6%	48	42,5%	Relevante	Muito Relevante
Consumo de forro mineral (m²)	3	2,7%	8	7,1%	35	31,3%	43	38,4%	23	20,5%	Relevante	Relevante
Consumo de luminárias (Unid.)	3	2,6%	14	12,3%	27	23,7%	40	35,1%	30	26,3%	Relevante	Relevante
Consumo de brita (m³)	1	0,9%	10	8,9%	28	25,0%	48	42,9%	25	22,3%	Relevante	Relevante
Consumo de rocha ornamental - mármore e granito (m²)	3	2,7%	9	8,0%	24	21,2%	46	40,7%	31	27,4%	Relevante	Relevante
Controle de perdas de materiais durante o transporte (%)	5	4,4%	6	5,3%	13	11,5%	38	33,6%	51	45,1%	Relevante	Muito Relevante

Proposta de Indicadores Ambientais para Gestão Ambiental de Obras Aeroportuárias - Materiais	Sem Relevância		Pouca Relevância		Neutro		Relevante		Muita Relevância		Mediana	Moda
	Frequência Absoluta	Proporção										
Controle de perdas de material por retrabalho (%)	1	0,9%	12	10,7%	14	12,5%	28	25,0%	57	50,9%	Muito Relevante	Muito Relevante
Controle de perdas incorporadas (ex: espessura maior do reboco e de lajes) (%)	2	1,8%	16	14,4%	16	14,4%	35	31,5%	42	37,8%	Relevante	Muito Relevante
Uso de material reaproveitado (Kg)	4	3,6%	7	6,3%	13	11,6%	21	18,8%	67	59,8%	Muito Relevante	Muito Relevante
Uso de material reciclado (Kg)	3	2,7%	8	7,1%	8	7,1%	27	23,9%	67	59,3%	Muito Relevante	Muito Relevante

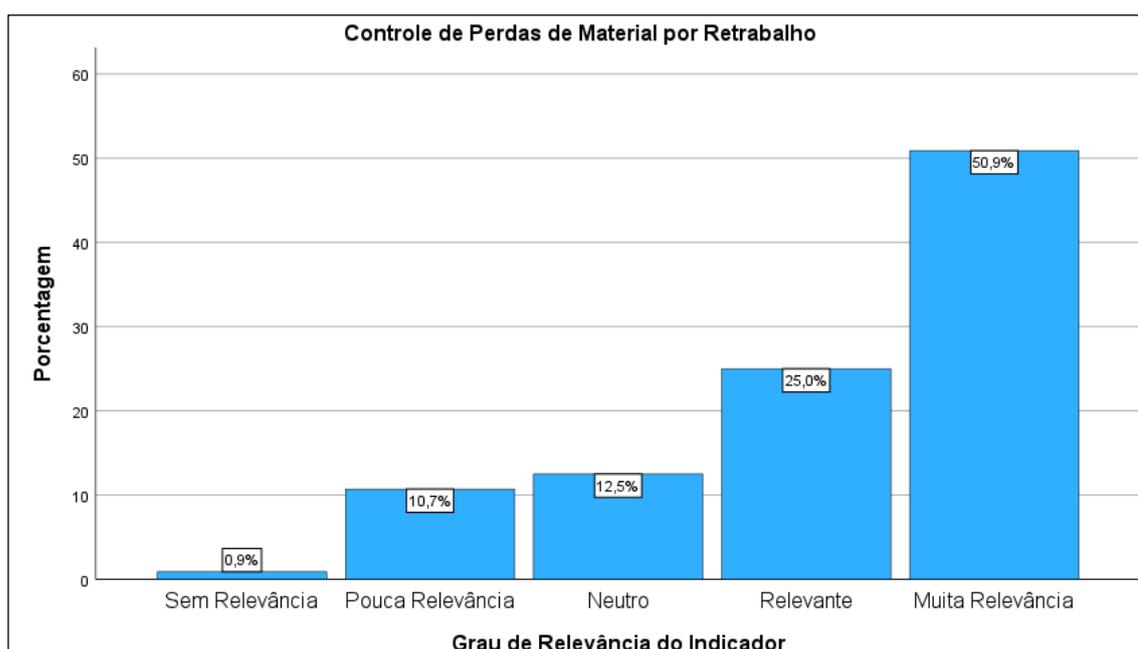
Fonte: O autor (2023).

Após a interpretação do Quadro 38 observou-se que 89,19% e 67,57% dos indicadores estudados, no grupo Materiais, apresentaram mediana e moda igual a Relevante. Dentre os 36 indicadores consultados para a classe em questão, propõem-se que, ao menos, em uma obra aeroportuária seja monitorado, minimamente, aqueles indicadores ambientais que apresentaram, simultaneamente, as maiores medianas e modas entre todas as variáveis consultadas. Para o grupo em estudo, constatou-se que os indicadores ambientais Controle de Perdas de Material por Retrabalho, Uso de Material Reaproveitado e Uso de Material Reciclado foram aqueles que se enquadram nesse parâmetro, apresentando cada um deles, em paralelo, mediana e moda igual a Muita Relevância.

O grau de relevância do indicador Controle de Perdas de Material por Retrabalho foi avaliado por 98,25% dos respondentes e se manifestou com uma relevância acumulada (relevante e muita relevância) de 75,89%. Essa informação converge com o estudo de Magalhães (2017), já que a autora ordenou dois indicadores ambientais sobre essa temática do retrabalho e um indicador associado às perdas ainda na fase de projeto. Acredita-se que a tamanha relevância desse indicador não está relacionada apenas às questões ambientais, mas também com a redução dos custos e prazos que esse indicador pode contribuir ao longo de um empreendimento.

A Figura 87 apresenta a distribuição percentual do nível de relevância para o respectivo indicador.

Figura 87 - Condução da relevância do indicador controle de perdas de material por retrabalho



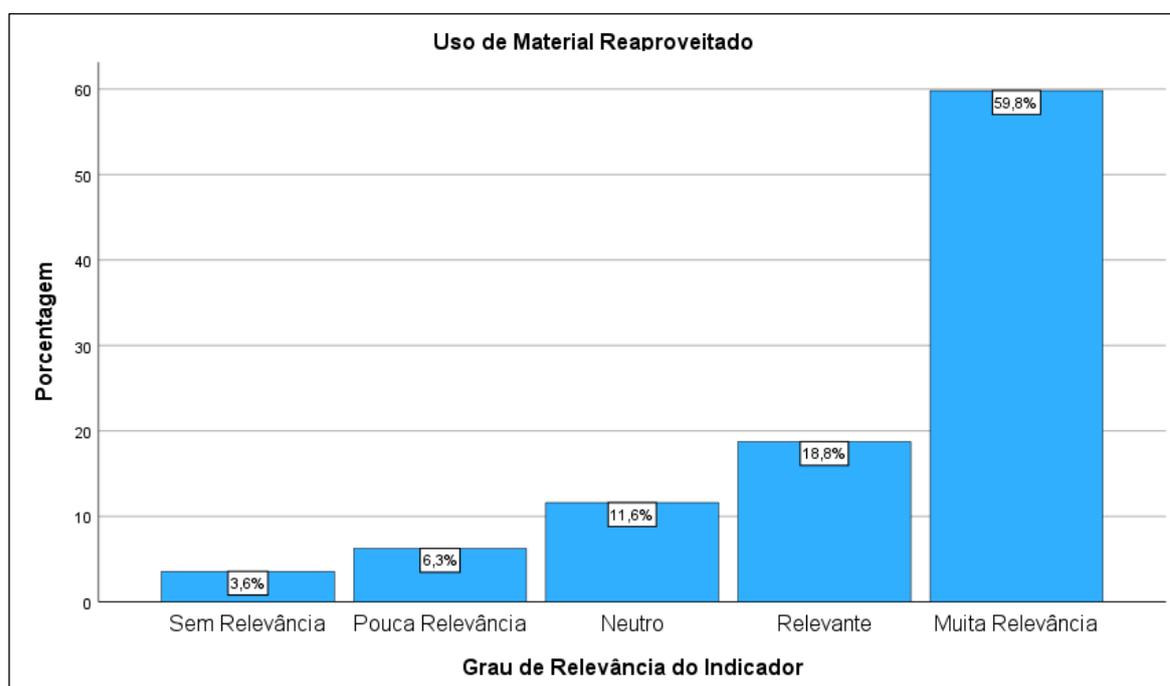
Fonte: O autor (2023).

Destaca-se que o monitoramento do respectivo indicador em uma obra aeroportuária contribui com o ODS 9 através da promoção da eficiência e qualidade da infraestrutura construída. Do ODS 11 por meio da construção eficiente para o desenvolvimento de cidades sustentáveis. Além disso, do ODS 12, visto que a precisão da busca pela garantia de padrões de produção e de consumo sustentável por esse tipo de empreendimento.

A relevância do indicador Uso de Material Reaproveitado foi respondida por 98,25% dos especialistas consultados e apresentou uma relevância acumulada (relevante e muita relevância) de 78,57%. Esses dados também foram verificados na literatura, na sua lista de ordenação de indicadores ambientais, Magalhães (2017) também prioriza o reaproveitamento dos resíduos de construção em projetos de infraestrutura. Além disso, foi constatado que o reaproveitamento dos materiais é incentivado pelo PAN no Brasil e globalmente por algumas instituições ligeiramente relacionadas com a aviação como a ICAO e CDA.

A Figura 88 exhibe a distribuição percentual do grau de relevância do indicador em apreciação.

Figura 88 - Relevância distribuída do indicador uso de material reaproveitado



Fonte: O autor (2023).

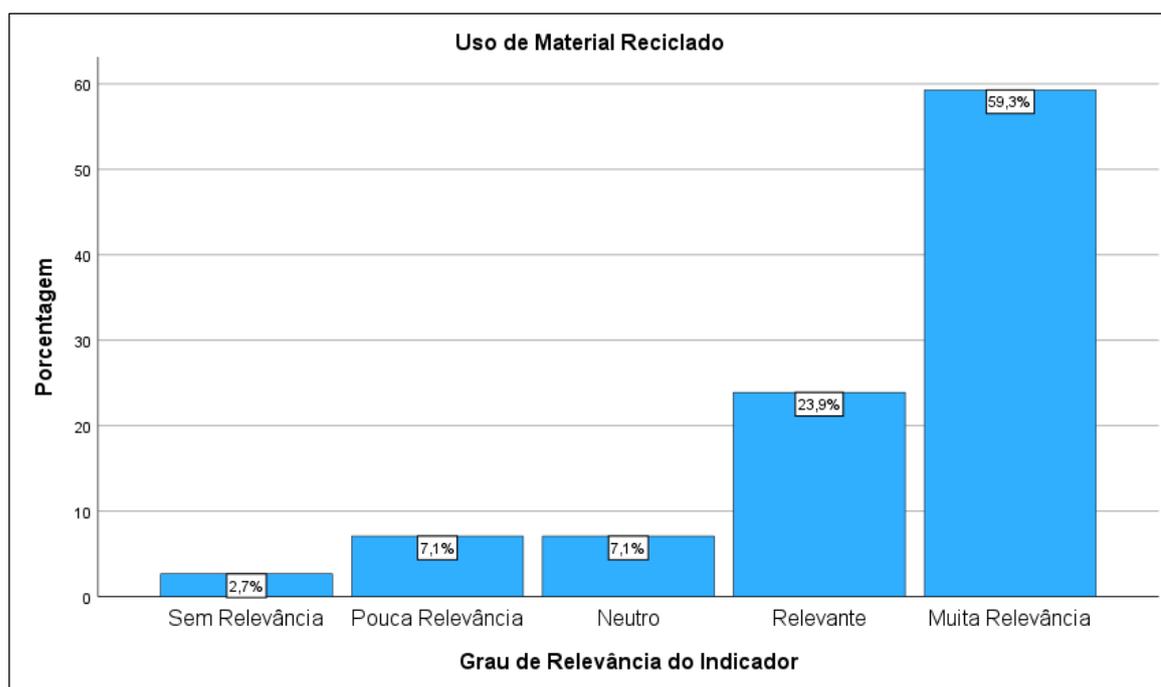
O acompanhamento do indicador Uso de Material Reaproveitado em uma obra de aeroportos colabora com o ODS 9 por meio do incentivo do desenvolvimento de infraestruturas construídas por materiais reaproveitados. Contribui com o ODS 11 para o desenvolvimento de

idades sustentáveis através da redução do impacto adverso da construção. Promove a redução, reutilização e a minimização do desperdício dos materiais por intermédio do ODS 12.

Verificou-se que 99,12% dos consultados indicaram algum nível de relevância para o indicador Uso de Material Reciclado o que corresponde a uma relevância acumulada (relevante e muita relevância) de 83,19%. Esses números estão aderentes à priorização de indicadores recomendados por Magalhães (2017), demonstrando que essa variável é uma demanda de longo prazo pelo setor da construção de infraestruturas. Outros estudos, a exemplo de Baxter *et al.* (2018a) e CDA (2020) também manifestaram o quanto é relevante a reciclagem dos materiais para a construção de um aeroporto.

A distribuição do índice de relevância para o respectivo indicador é apresentada na Figura 89.

Figura 89 - Relevância distribuída do indicador uso de material reaproveitado



Fonte: O autor (2023).

O acompanhamento do indicador Uso de Material Reciclado em uma obra de aeroportos coopera com o ODS 9 por meio do estímulo da indústria de reciclagem e do desenvolvimento de insumos reciclados. Proporciona a redução do impacto adverso da construção e auxilia no desenvolvimento de cidades sustentáveis atendendo às premissas do ODS 11. Além de estar aderente ao ODS 12, visto que o uso de materiais reciclados é uma prática de produção e consumo sustentável por reduzir a extração de recursos naturais.

4.4.2 Energia

Foi observado na revisão de literatura que o consumo de energia ao longo de uma obra é uma variável que desperta grande interesse. Durante o período de coleta de dados das obras de intervenção do SBRF, verificou-se que são múltiplos os equipamentos e ferramentas que demandam do consumo de energia para a execução das atividades de um empreendimento como o estudado. Uma boa gestão energética durante a ampliação de um aeroporto coopera diretamente com o cumprimento dos ODS propostos pela ONU (2015).

Para atingir os ODS sugeridos pela ONU (2015) recomenda-se a utilização de um sistema de indicadores de sustentabilidade. Para a categoria Energia, o questionário aplicado na etapa da coleta das informações do grau de relevância dos indicadores ambientais de gestão ambiental de obras de aeroportos contou com 5 sugestões de indicadores. Esses elementos foram elencados no Quadro 39.

Quadro 39 - Indicadores ambientais propostos para o grupo energia via questionário

Proposta de Indicadores Ambientais para Gestão Ambiental de Obras Aeroportuárias - Energia
Consumo de energia elétrica (Kwh)
Consumo de energia eólica (Kwh)
Consumo de energia fotovoltaica (Kwh)
Controle de perda de energia por retrabalho (Kwh)
Desperdício de energia (Kwh)

Fonte: O autor (2023).

Posteriormente a análise e interpretação dos subsídios levantados para a categoria Energia, constatou-se que todos os indicadores propostos para o respectivo grupo apresentaram algum tipo de sinalização de relevância pelos participantes. Verificou-se, que 2,63% dos especialistas não se posicionaram sobre a relevância dos indicadores da amostra examinada para essa classe de indicadores. Realizou-se a análise da confiabilidade das respostas para os 5 indicadores propostos para a respectiva classe, por meio do coeficiente Alpha de Cronbach e o valor encontrado foi igual a 0,854 conforme evidenciado na Figura 90.

Figura 90 - Análise da confiabilidade das respostas dos 5 indicadores da categoria energia

Estatísticas de confiabilidade		
Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach com base em itens padronizados	N de itens
,854	,857	5

Fonte: O autor (2023).

Por meio da análise do índice encontrado é admissível considerar que a amostra apresenta uma alta consistência dos dados coletados. Quanto à normalidade gaussiana, a distribuição dos índices de relevância para os indicadores dessa classe apresentou um comportamento assimétrico. A distribuição de relevância para cada um dos indicadores avaliados no questionário, para a categoria Energia, é apresentada no Quadro 40.

Quadro 40 - Distribuição da relevância dos indicadores propostos para a classe energia

Indicadores Ambientais Propostos para Gestão Ambiental de Obras Aeroportuárias - Energia	Sem Relevância		Pouca Relevância		Neutro		Relevante		Muita Relevância		Mediana	Moda
	Frequência Absoluta	Proporção										
Consumo de energia elétrica (Kwh)	2	1,8%	1	0,9%	3	2,7%	37	33,3%	68	61,3%	Muita Relevância	Muita Relevância
Consumo de energia eólica (Kwh)	9	8,1%	11	9,9%	15	13,5%	30	27,0%	46	41,4%	Relevante	Muita Relevância
Consumo de energia fotovoltaica (Kwh)	9	8,2%	9	8,2%	11	10,0%	35	31,8%	46	41,8%	Relevante	Muita Relevância
Controle de perda de energia por retrabalho (Kwh)	4	3,6%	6	5,5%	17	15,5%	36	32,7%	47	42,7%	Relevante	Muita Relevância
Desperdício de energia (Kwh)	5	4,5%	1	0,9%	6	5,4%	22	19,8%	77	69,4%	Muita Relevância	Muita Relevância

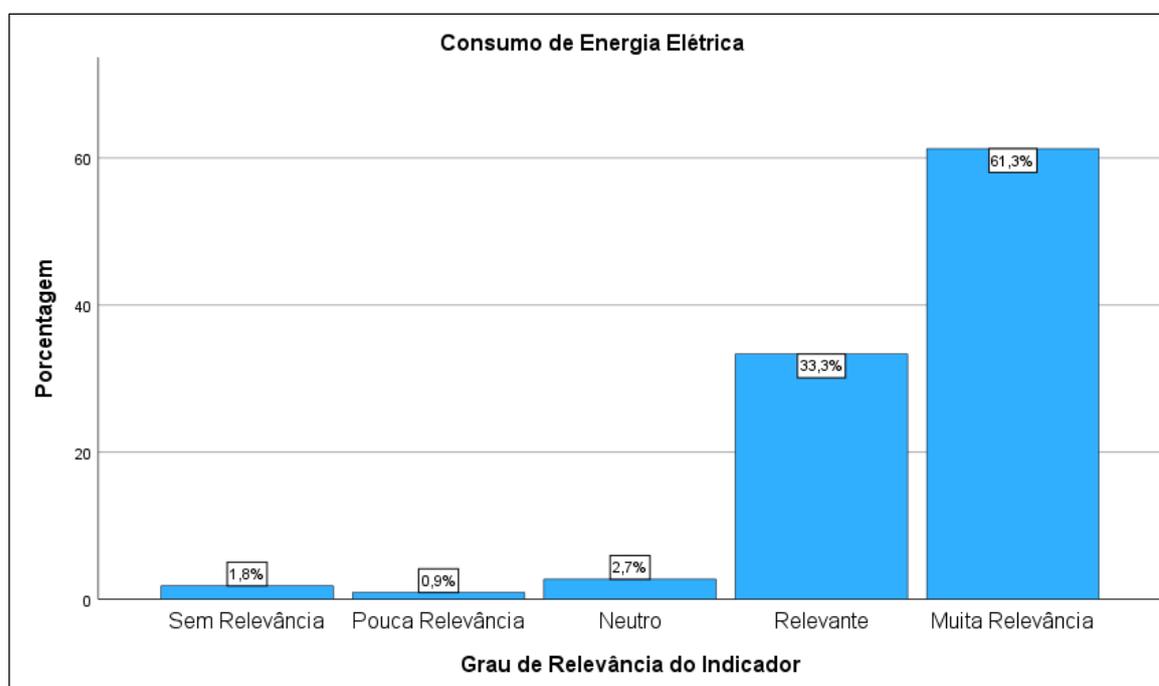
Fonte: O autor (2023).

A leitura do Quadro 40 indica que 33,33% e 100,00% dos indicadores avaliados, no grupo Energia, apresentaram mediana e moda igual a Muita Relevância. Os indicadores Consumo de Energia Elétrica e Desperdício de Energia apresentaram mediana e moda máxima (Muita Relevância) para a classe de energia. Logo, recomenda-se o acompanhamento desses indicadores durante uma obra de aeroporto.

Notou-se que 97,37% dos entrevistados colaboraram para a classificação do índice de relevância do indicador Consumo de Energia Elétrica. A relevância acumulada (relevante e muita relevância) desse indicador chegou a 94,59%, sendo o mesmo o segundo mais relevante entre todos os 97 indicadores estudados. Foi observado na revisão bibliográfica que o consumo de energia é uma variável que preocupa todos os envolvidos nas atividades da construção civil (Maciel (2003), IPEA (2010a), Agopyan e John (2016), Baxter *et al.* (2018), Borja (2019), ICAO (2019), GBCB (2020), Greer *et al.* (2020), CBIC (2022), Anshebo *et al.* (2023)), o que não seria diferente para as obras aeroportuárias.

A Figura 91 apresenta a distribuição percentual do nível de relevância para o respectivo indicador.

Figura 91 - Distribuição da relevância do indicador consumo de energia elétrica



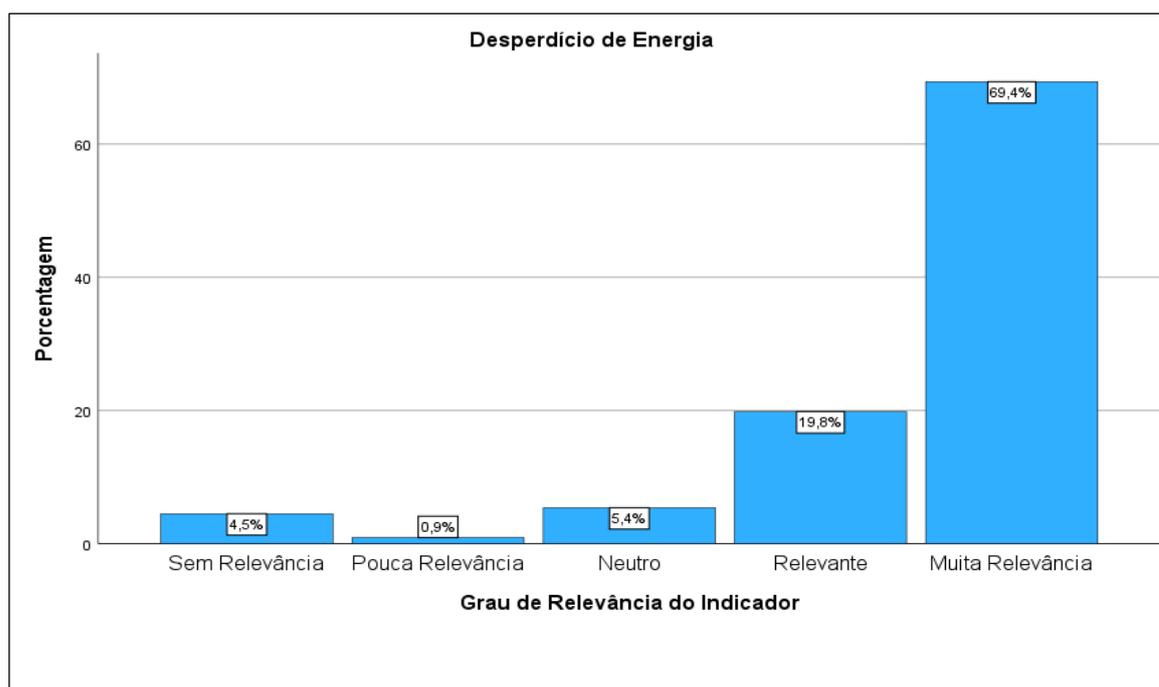
Fonte: O autor (2023).

O monitoramento do consumo de energia elétrica por meio do indicador proposto

promove o cumprimento do ODS 7 através da implementação de práticas de eficiência energética e pela priorização de fontes de energia limpa. No âmbito de uma obra aeroportuária, o ODS 9 pode ser atendido pela implantação de tecnologias inovadoras e de maior eficiência. O uso de equipamentos de baixo consumo energético e de emissão de gases atmosféricos reduzidos contribui para o ODS 13.

A relevância do indicador Desperdício de Energia teve contribuição de 97,37% dos profissionais consultados e exibiu uma relevância acumulada (relevante e muita relevância) de 89,19%. Essa informação está muito próxima daquilo que foi transcrito na revisão bibliográfica (Baxter *et al.* (2018), Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil (2018), ICAO (2019), CDA (2020), Greer *et al.* (2020), MINFRA (2021) e Greer *et al.* (2023)). A Figura 92 exibe a distribuição percentual do grau de relevância do indicador em apreciação.

Figura 92 - Relevância distribuída do indicador desperdício de energia



Fonte: O autor (2023).

O indicador Desperdício de Energia tem um grande potencial de favorecer para que o ODS 7 seja atendido por meio da identificação de pontos onde há a perda de energia nos cabos de alimentação elétrica da obra. Por meio do ODS 12 é possível buscar oportunidades de racionalizar o consumo energético e aumentar a produção de maneira sustentável do empreendimento através de capacitação da mão de obra. Priorizar pela aquisição de equipamentos novos e de baixo consumo energético para atingir o ODS 13.

4.4.3 Combustíveis e Derivados de Petróleo

Constatou-se que o consumo de combustíveis e derivados de petróleo para execução das obras de melhorias do SBRF é significativo, visto que a quantidade de veículos e equipamentos alocados no projeto é elevada. O controle desses elementos, através de indicadores ambientais, favorece para que parte dos ODS sugeridos pela ONU (2015) sejam atendidos. A série de indicadores Combustíveis e Derivados de Petróleo teve a sua relevância aferida no questionário por meio de 10 sugestões, conforme apresentado no Quadro 41.

Quadro 41 - Sugestão de indicadores para classe combustíveis e derivados de petróleo

Proposta de Indicadores Ambientais para Gestão Ambiental de Obras Aeroportuárias - Combustíveis e Derivados de Petróleo
Consumo de combustível por retrabalho (L)
Consumo de óleo diesel (L)
Consumo de etanol (L)
Consumo de gás natural veicular - GNV (m ³)
Consumo de gasolina (L)
Consumo de óleo hidráulico (L)
Consumo de óleo lubrificante (L)
Consumo de querosene (L)
Controle de perda de combustível por derramamento (%)
Controle de perda de combustível por equipamento ligado e parado - sem trabalhar (%)

Fonte: O autor (2023).

Após a verificação e apreciação das respostas disponibilizadas pelos especialistas consultados, observou-se que 100% dos indicadores sugeridos para a categoria Combustíveis e Derivados de Petróleo, apresentaram algum tipo de classificação de relevância. Observou-se uma omissão de respostas para esse grupo de indicadores de 1,75% dos profissionais que colaboraram com o estudo. Foi averiguada a confiabilidade das respostas para os 10 indicadores propostos para o respectivo lote, através do coeficiente Alpha de Cronbach, e verificou-se que o mesmo é muito alto conforme apresentado na Figura 93.

Figura 93 - Confiabilidade das respostas da categoria combustíveis e derivados de petróleo

Estatísticas de confiabilidade		
Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach com base em itens padronizados	N de itens
,941	,943	10

Fonte: O autor (2023).

O índice encontrado foi 0,941 e ele indica que a amostra das respostas é robusta e possui consistência interna nas informações obtidas pelo questionário, garantindo uma boa correlação entre elas. Observou-se que a distribuição dos índices de relevância, para os indicadores dessa categoria, apresentou um comportamento assimétrico em relação à normalidade gaussiana. A distribuição de relevância para cada um dos indicadores avaliados no questionário, para a categoria Combustíveis e Derivados de Petróleo, são apresentadas no Quadro 42.

Chama a atenção que os elementos associados a essa categoria de indicadores apresentaram baixa adesão de informações nas referências consultadas. Verificou-se, que são necessários maiores estudos sobre essa matéria, visto que a construção, ampliação e reforma de um aeroporto demanda de muitos equipamentos pesados consumidores de combustíveis derivados de petróleo que são poluidores e interferem diretamente na variabilidade climática.

Quadro 42 - Distribuição da relevância dos indicadores propostos para a classe combustíveis e derivados de petróleo

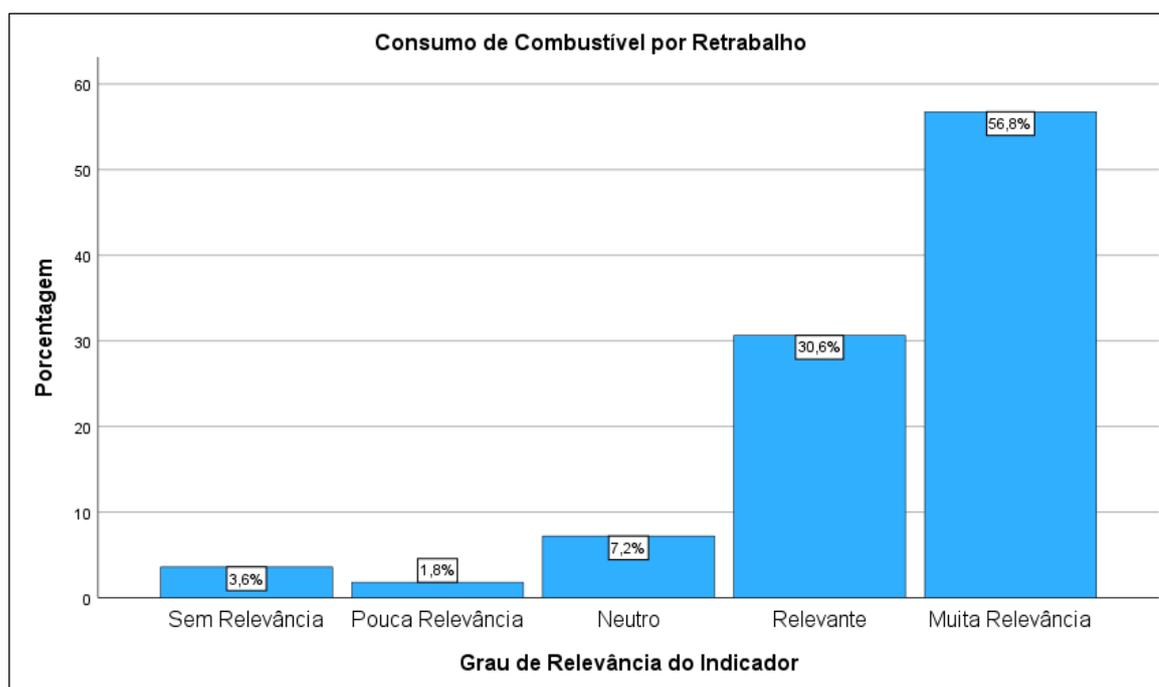
Indicadores Ambientais Propostos para Gestão Ambiental de Obras Aeroportuárias - Combustíveis e Derivados de Petróleo	Sem Relevância		Pouca Relevância		Neutro		Relevante		Muita Relevância		Mediana	Moda
	Frequência Absoluta	Proporção										
Consumo de combustível por retrabalho (L)	4	3,6%	2	1,8%	8	7,2%	34	30,6%	63	56,8%	Muita Relevância	Muita Relevância
Consumo de óleo diesel (L)	2	1,8%	2	1,8%	2	1,8%	47	42,0%	59	52,7%	Muita Relevância	Muita Relevância
Consumo de etanol (L)	3	2,7%	6	5,4%	17	15,2%	48	42,9%	38	33,9%	Relevante	Relevante
Consumo de gás natural veicular - GNV (m³)	4	3,6%	7	6,4%	22	20,0%	43	39,1%	34	30,9%	Relevante	Relevante
Consumo de gasolina (L)	3	2,7%	2	1,8%	8	7,1%	45	40,2%	54	48,2%	Relevante	Muita Relevância
Consumo de óleo hidráulico (L)	4	3,6%	6	5,4%	18	16,1%	40	35,7%	44	39,3%	Relevante	Muita Relevância
Consumo de óleo lubrificante (L)	5	4,5%	6	5,4%	17	15,2%	39	34,8%	45	40,2%	Relevante	Muita Relevância
Consumo de querosene (L)	5	4,5%	6	5,4%	20	17,9%	34	30,4%	47	42,0%	Relevante	Muita Relevância
Controle de perda de combustível por derramamento (%)	5	4,5%	7	6,3%	6	5,4%	21	18,8%	73	65,2%	Muita Relevância	Muita Relevância
Controle de perda de combustível por equipamento ligado e parado - sem trabalhar (%)	5	4,5%	5	4,5%	7	6,3%	26	23,4%	68	61,3%	Muita Relevância	Muita Relevância

Fonte: O autor (2023).

Foi possível identificar no Quadro 42 que 40,00% e 80,00% dos indicadores consultados para a classe Combustíveis e Derivados de Petróleo, apresentaram mediana e moda igual a Muita Relevância. Os indicadores Consumo de Combustível por Retrabalho, Consumo de Óleo Diesel, Controle de Perda de Combustível por Derramamento e Controle de Perda de Combustível por Equipamento Ligado e Parado - Sem Trabalhar, apresentaram mediana e moda máxima (Muita Relevância) para o grupo proposto e em análise. Logo, considera-se importante o monitoramento desses indicadores durante uma obra de infraestrutura aeroportuária.

O quantitativo de especialistas que distinguiu o nível de relevância do indicador Consumo de Combustível por Retrabalho foi de 97,37% dos entrevistados. A relevância acumulada (relevante e muita relevância) deste indicador corresponde a 87,39%. A Figura 94 apresenta a distribuição percentual do nível de relevância para o respectivo indicador.

Figura 94 - Distribuição da relevância do indicador consumo de combustível por retrabalho



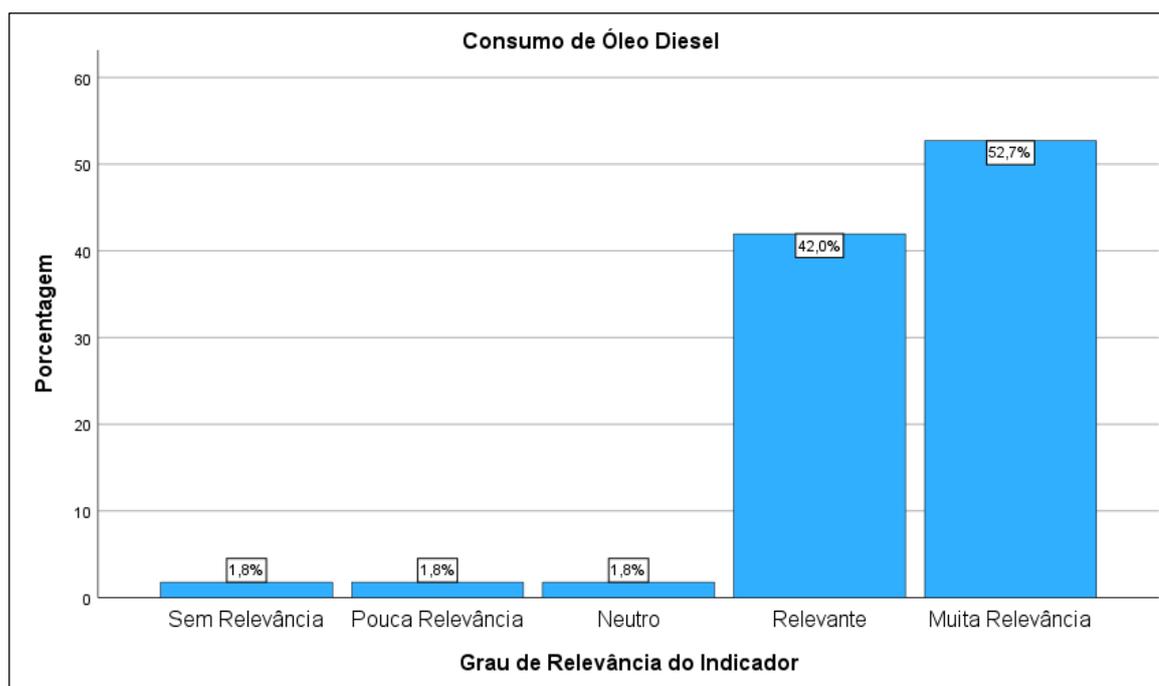
Fonte: O autor (2023).

O monitoramento e acompanhamento do respectivo indicador durante uma obra aeroportuária contribui para o atendimento dos ODS 11 e 13, visto proporcionar que as cidades onde os aeroportos são implantados sejam mais sustentáveis devido a redução das alterações climáticas obtida pela minimização do consumo de combustível por retrabalho. A otimização e inovação dos processos construtivos da ampliação de um aeroporto colabora para minimizar o retrabalho, logo os ODS 9 e 12 são beneficiados pelo indicador Consumo de Combustível por

Retrabalho.

A relevância do indicador Consumo de Óleo Diesel teve contribuição de 98,25% dos especialistas consultados e apresentou, entre os 97 indicadores sugeridos, a maior relevância acumulada (relevante e muita relevância) de 94,64%. A Figura 95 ilustra a distribuição percentual do grau de relevância do indicador em análise.

Figura 95 - Distribuição da relevância do indicador consumo de óleo diesel

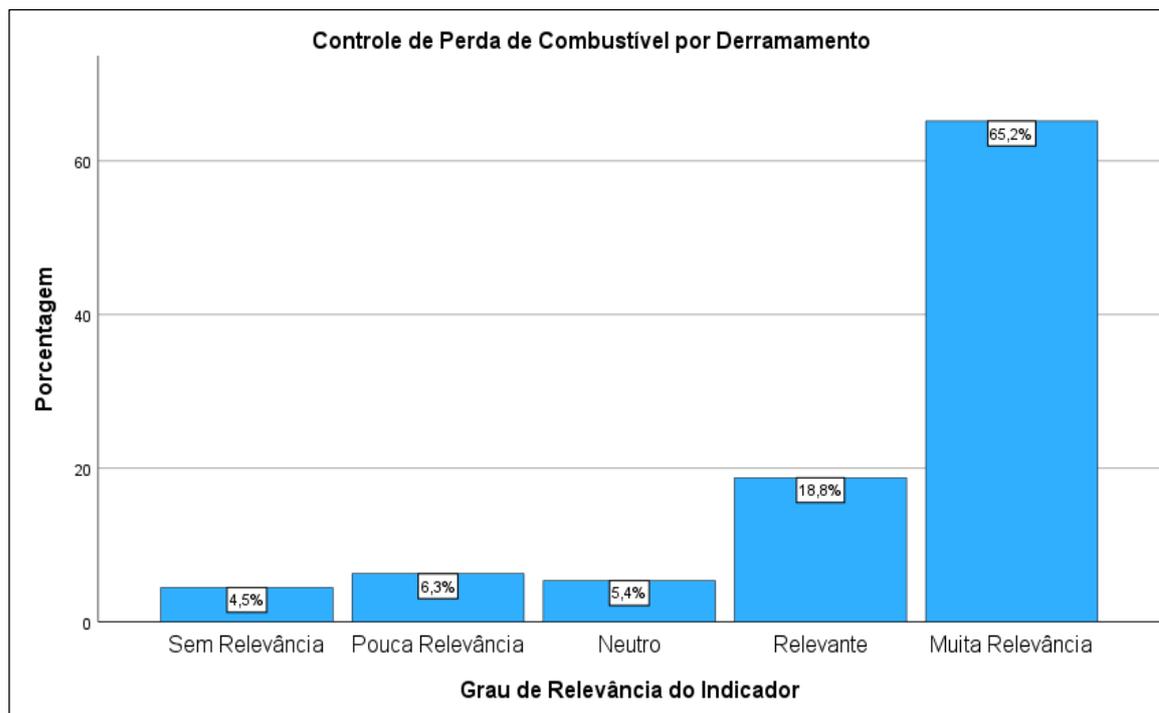


Fonte: O autor (2023).

O acompanhamento do consumo e redução de óleo diesel está associado a vários ODS, destaca-se: o ODS 3 pela mitigação aos danos à saúde, ao ODS 7 que aborda a priorização de fontes de energia limpa, o ODS 9 incentiva o desenvolvimento de tecnologias e processos construtivos eficientes, o ODS 11 que proporciona uma melhor qualidade do ar das cidades, o ODS 12 por favorecer uma produção e consumo de maneira sustentável e o ODS 13 que é diretamente afetado pelas variações climáticas.

A importância do indicador Controle de Perda de Combustível por Derramamento, foi avaliada por 98,25% dos profissionais que responderam ao questionário. A relevância acumulada (relevante e muita relevância) desse indicador equivale a 83,93%. A Figura 96 apresenta a distribuição percentual do nível de relevância para o indicador em análise.

Figura 96 - Relevância do indicador controle de perda de combustível por derramamento

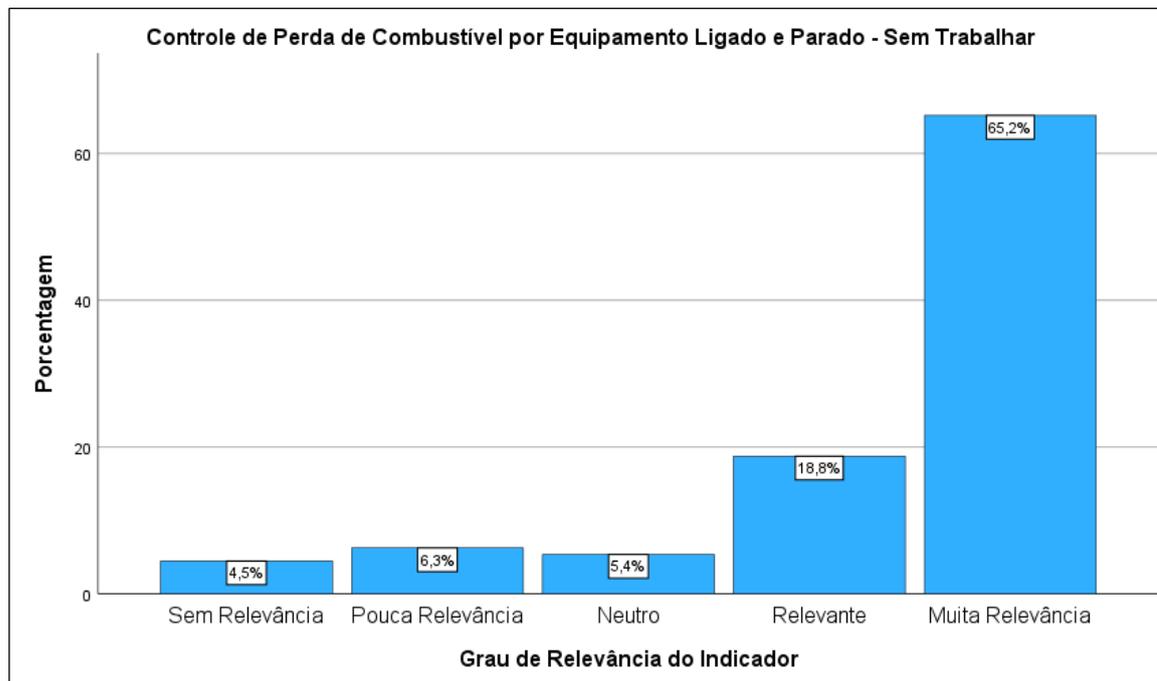


Fonte: O autor (2023).

O monitoramento do indicador Controle de Perda de Combustível por Derramamento, durante uma obra aeroportuária, apresenta uma grande contribuição para o atendimento do ODS 6 visto que é possível intervir para evitar a contaminação das águas subterrâneas. O ODS 12 é beneficiado por meio da garantia da sustentabilidade dos padrões de consumo e produção. Bem como, dos ODS 14 e 15 pela proteção dos ecossistemas aquáticos e terrestres respectivamente.

Para o indicador Controle de Perda de Combustível por Equipamento Ligado e Parado - Sem Trabalhar, verificou-se que o mesmo teve o grau de relevância avaliado por 97,37% dos respondentes e apresentou uma relevância acumulada (relevante e muita relevância) de 84,68%. A Figura 97 exhibe a distribuição percentual do grau de relevância do indicador em apreciação.

Figura 97 - Relevância do indicador controle de perda de combustível por equipamento ligado e parado - sem trabalhar



Fonte: O autor (2023).

O monitoramento e acompanhamento deste indicador durante uma obra aeroportuária colabora para o cumprimento dos ODS 3, 11, 12 e 13. A melhora na qualidade do ar, interfere na saúde das pessoas e aumenta os índices de sustentabilidade das cidades. Promove o consumo e a produção responsável, assim como a redução de emissão de GEE impactam adversamente o clima.

4.4.4 Águas e Efluentes

Observou-se que as informações encontradas na literatura associadas aos recursos hídricos são aderentes ao verificado durante o período de observação da pesquisa. As atividades de uma obra de expansão aeroportuária demandam de um elevado consumo de água. Uma obra aeroportuária pode colaborar com o ODS 6 proposto pela ONU (2015) através da implantação de um sistema de indicadores.

Dessa forma, para a categoria Águas e Efluentes, o questionário aplicado na etapa da coleta dos dados propôs 11 sugestões de indicadores ambientais de gestão ambiental de obras de aeroportos, para classificação do índice de relevância dos mesmos, conforme relacionados no Quadro 43.

Quadro 43 - Indicadores ambientais propostos para a série águas e efluentes

Proposta de Indicadores Ambientais para Gestão Ambiental de Obras Aeroportuárias – Águas e Efluentes
Captação e consumo de água de chuva (L)
Captação e consumo de água de reuso (L)
Captação e consumo de água de superfície - rios, lagos e córregos (L)
Captação e consumo de água de terceiros - caminhão pipa (L)
Consumo de água fornecida pela concessionária local (L)
Água de reaproveitamento da produção (L)
Captação e consumo de água subterrânea - poços e nascentes (L)
Geração e descarte de efluentes do canteiro de obras (L)
Descarte de efluentes dos sanitários químicos (L)
Desperdício de água (L)
Consumo de água para lavagem de betoneiras e caminhões betoneiras (L)

Fonte: O autor (2023).

Após examinar os elementos inventariados para a classe Águas e Efluentes, averiguou-se categorização da relevância para 100,00% dos indicadores sugeridos no questionário. Verificou-se, que 98,25% dos respondentes se posicionaram sobre o nível de relevância dos indicadores da amostra em análise. Realizou-se a análise da confiabilidade das respostas para os 11 indicadores propostos para esse conjunto, através do coeficiente Alfa de Cronbach e o valor encontrado é considerado alto e foi igual a 0,937 conforme ilustra a Figura 98 .

Figura 98 - Confiabilidade das respostas dos 11 indicadores da categoria águas e efluentes

Estatísticas de confiabilidade		
Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach com base em itens padronizados	N de itens
,937	,938	11

Fonte: O autor (2023).

A análise da confiabilidade calculada permite afirmar que a amostra apresenta uma alta consistência dos dados coletados. Quanto à normalidade gaussiana, a distribuição dos índices de relevância para os indicadores dessa classe apresentou um comportamento assimétrico. A distribuição de relevância para cada um dos indicadores avaliados no questionário, para a categoria Águas e Efluentes, é apresentada no Quadro 44.

Quadro 44 - Distribuição da relevância dos indicadores propostos para o grupo águas e efluentes

Indicadores Ambientais Propostos para Gestão Ambiental de Obras Aeroportuárias - Águas e Efluentes	Sem Relevância		Pouco Relevante		Neutro		Relevante		Muita Relevância		Mediana	Moda
	Frequência Absoluta	Proporção										
Captação e consumo de água de chuva (L)	3	2,7%	6	5,4%	5	4,5%	32	28,8%	65	58,6%	Muita Relevância	Muita Relevância
Captação e consumo de água de reuso (L)	3	2,7%	3	2,7%	5	4,5%	32	28,6%	69	61,6%	Muita Relevância	Muita Relevância
Captação e consumo de água de superfície - rios, lagos e córregos (L)	3	2,7%	4	3,6%	9	8,0%	39	34,8%	57	50,9%	Muita Relevância	Muita Relevância
Captação e consumo de água de terceiros - caminhão pipa (L)	3	2,7%	2	1,8%	14	12,6%	47	42,3%	45	40,5%	Relevante	Relevante
Consumo de água fornecida pela concessionária local (L)	2	1,8%	1	0,9%	10	9,2%	54	49,5%	42	38,5%	Relevante	Relevante
Água de reaproveitamento da produção (L)	3	2,7%	3	2,7%	8	7,1%	37	33,0%	61	54,5%	Muita Relevância	Muita Relevância
Captação e consumo de água subterrânea - poços e nascentes (L)	3	2,7%	2	1,8%	15	13,4%	42	37,5%	50	44,6%	Relevante	Muita Relevância
Geração e descarte de efluentes do canteiro de obras (L)	2	1,8%	2	1,8%	4	3,6%	26	23,2%	78	69,6%	Muita Relevância	Muita Relevância
Descarte de efluentes dos sanitários químicos (L)	2	1,8%	1	0,9%	8	7,1%	23	20,5%	78	69,6%	Muita Relevância	Muita Relevância
Desperdício de água (L)	3	2,7%	2	1,8%	7	6,3%	21	18,9%	78	70,3%	Muita Relevância	Muita Relevância
Consumo de água para lavagem de betoneiras e caminhões betoneiras (L)	4	3,6%	4	3,6%	7	6,3%	38	33,9%	59	52,7%	Muita Relevância	Muita Relevância

Fonte: O autor (2023).

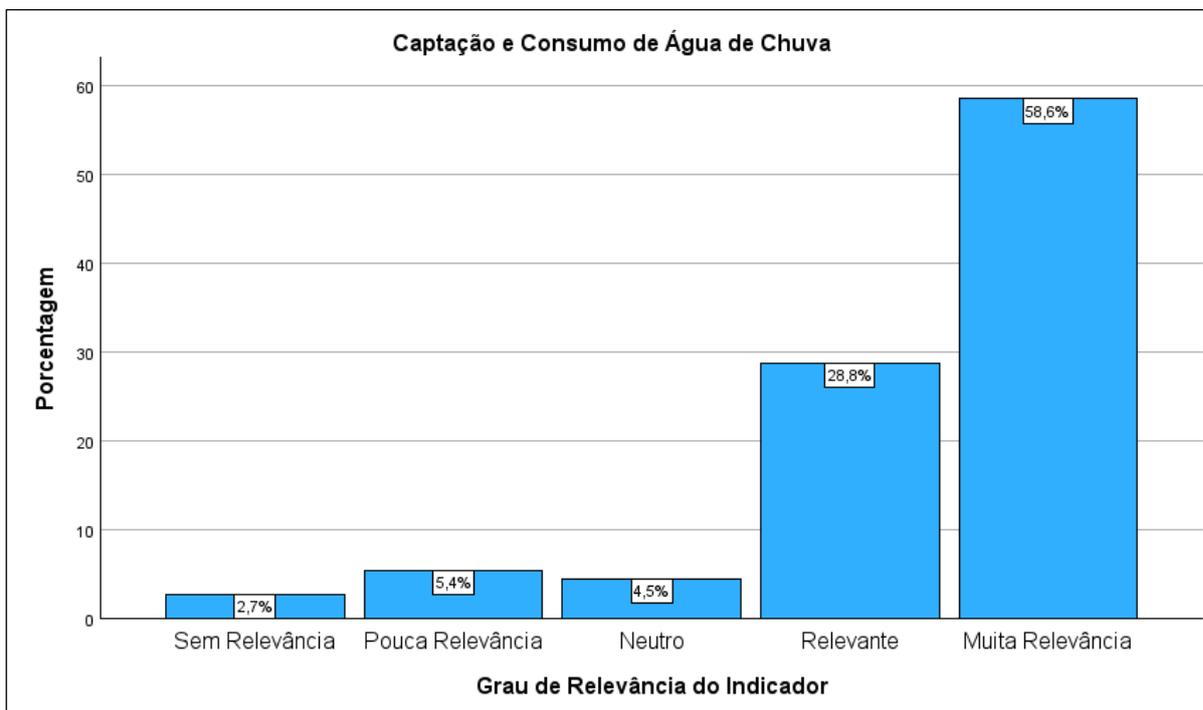
A partir da análise do Quadro 44, constatou-se que 72,73% e 90,91% dos indicadores consultados para o grupo Águas e Efluentes, apresentaram mediana e moda igual a Muita Relevância. Os indicadores Captação e Consumo de Água de Chuva, Captação e Consumo de Água de Reuso, Captação e Consumo de Água de Superfície - Rios, Lagos e Córregos, Água de Reaproveitamento da Produção, Geração e Descarte de Efluentes do Canteiro de Obras, Descarte de Efluentes dos Sanitários Químicos, Desperdício de Água, Consumo de Água para Lavagem de Betoneiras e Caminhões Betoneiras, apresentaram mediana e moda máxima (Muita Relevância) para a classe em avaliação.

Dessa forma, esse estudo os recomenda como indicadores mínimos a serem monitorados ao longo de uma obra de infraestrutura aeroportuária. Verificou-se que 72,73% dos indicadores propostos no questionário, para a categoria Águas e Efluentes, se enquadram na classificação de muita relevância. Essa informação está de acordo com o verificado na literatura por Azarov *et al.* (2019), Froufe *et al.* (2020), Santos (2020) e Sharifi Orkomy e Sharbatdar (2021).

O grau de relevância do indicador Captação e Consumo de Água de Chuva foi respondido por 97,37% dos profissionais consultados e manifestou com uma relevância acumulada (relevante e muita relevância) de 87,39%. Essa informação coincide com o levantado na literatura, praticamente é unânime a extrema relevância que os pesquisadores e organizações dão a esse recurso hídrico (Vechi *et al.* (2016), Silva (2017), Fernandes *et al.* (2020), GBCB, 2020, CDA (2020), Sharifi Orkomy e Sharbatdar (2021), Anshebo *et al.* (2023)).

A Figura 99 apresenta a distribuição percentual do nível de relevância para o respectivo indicador.

Figura 99 - Distribuição da relevância do indicador captação e consumo de água de chuva



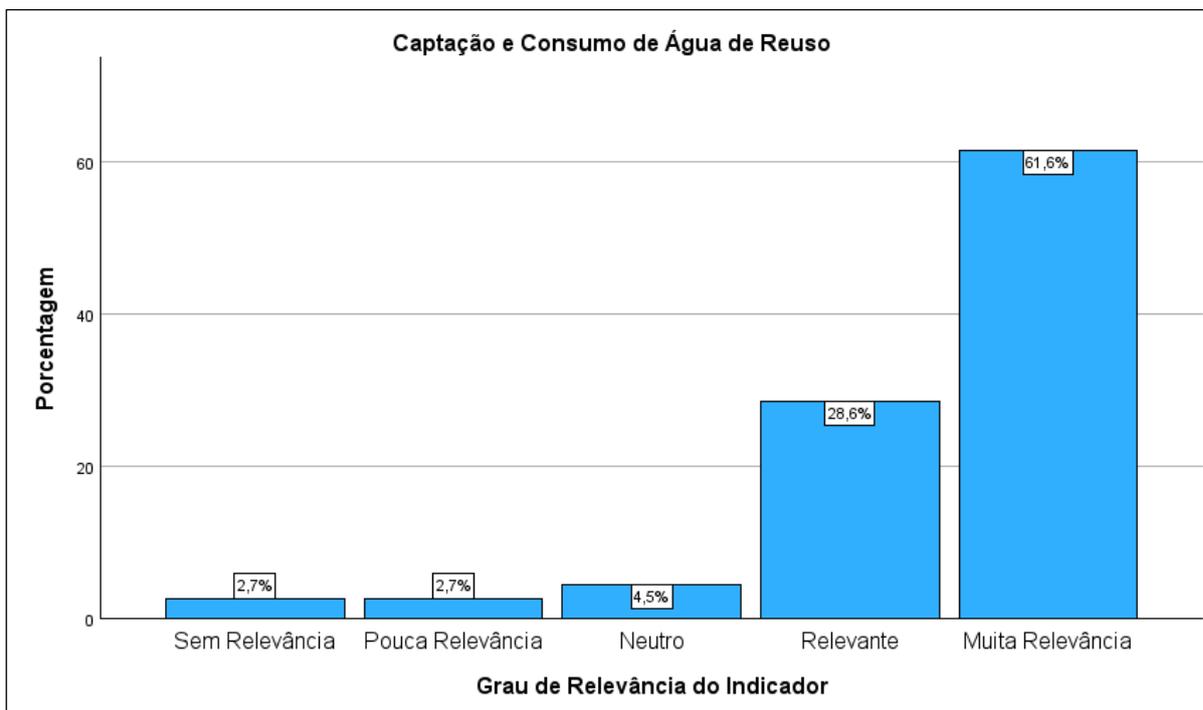
Fonte: O autor (2023).

O respectivo indicador tem relação direta com o ODS 6, pois pode ser uma alternativa de utilização desse recurso para algumas atividades como a limpeza das áreas. Esse processo intensifica o ODS 11, tornando as cidades mais sustentáveis e colabora com o ODS 12 por meio do consumo e produção responsável desse recurso tão nobre. Além disso, contribui para mitigar os efeitos das alterações climáticas conforme prever o ODS 13.

O quantitativo de especialistas que distinguiu o nível de relevância do indicador Captação e Consumo de Água de Reuso foi de 98,25% dos entrevistados. A relevância acumulada (relevante e muita relevância) deste indicador corresponde a 90,18%. O reuso de águas tem se tornado cada vez mais uma prática corriqueira nos mais variados setores, observou-se nas referências consultadas um grande estímulo do CDA (2020) pela incorporação dessa boa prática durante a construção de aeroportos.

A entidade recomenda que esses projetos implantem instalações permanentes para serem utilizados na fase de operações. O SBRF possui um sistema de reuso de águas condensadas e durante as obras em análise essa estrutura está sendo ampliada. A Figura 100 apresenta a distribuição percentual do nível de relevância para o respectivo indicador.

Figura 100 - Relevância distribuída do indicador captação e consumo de água de reuso

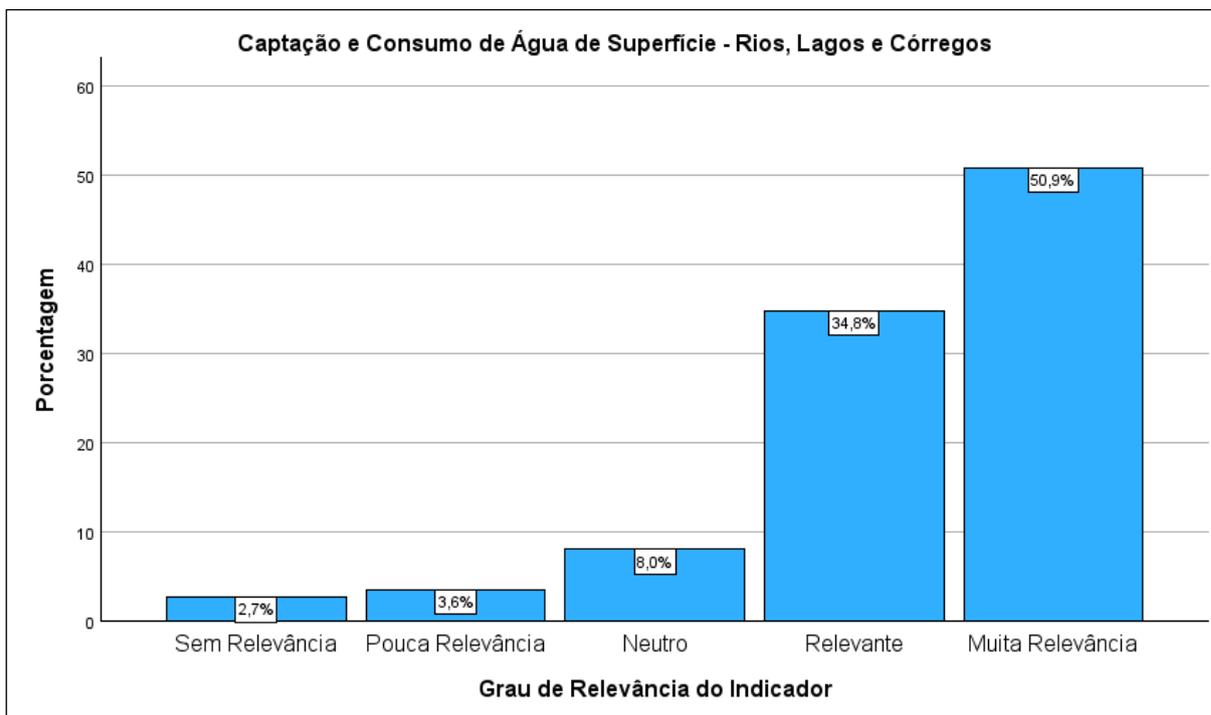


Fonte: O autor (2023).

Realizar o acompanhamento do indicador Captação e Consumo de Água de Reuso durante uma obra de aeroporto tem relação com os ODS 6, 11, 12, 13 e 15, pois aborda variáveis associadas ao acesso à água potável, desenvolvimento urbano sustentável, consumo responsável, ação climática e conservação dos ecossistemas terrestres. Dessa forma, é possível contribuir para o alcance desses objetivos já que promove o uso eficiente dos recursos hídricos e a sustentabilidade ambiental.

A relevância do indicador Captação e Consumo de Água de Superfície - Rios, Lagos e Córregos foi respondida por 98,25% dos especialistas consultados e apresentou uma relevância acumulada (relevante e muita relevância) de 85,71%. A Figura 101 exibe a distribuição percentual do grau de relevância do indicador apreciado.

Figura 101 - Relevância do indicador captação e consumo de água de superfície - rios, lagos e córregos

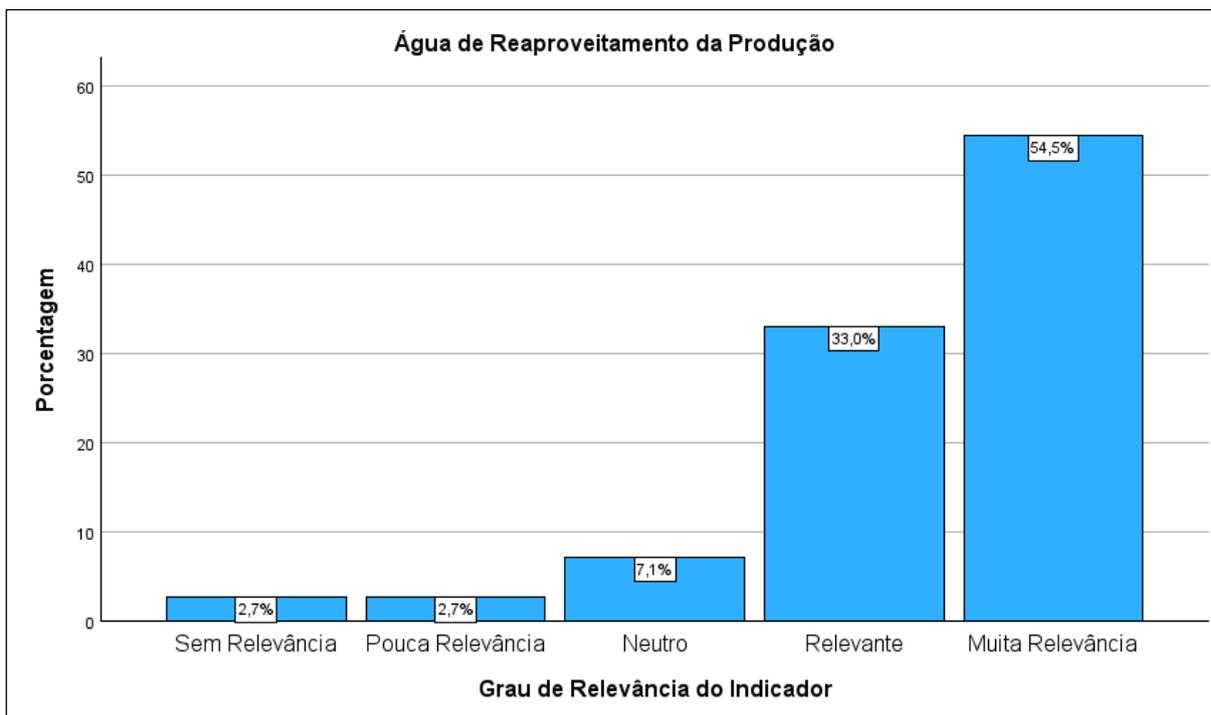


Fonte: O autor (2023).

Ao longo de uma obra de aeroportos, como a abordada por essa pesquisa, o indicador proposto está relacionado aos ODS 6, 11, 14 e 15 visto que envolve o acesso à água potável, o desenvolvimento urbano sustentável, a conservação dos ecossistemas aquáticos e terrestres. É fundamental adotar práticas de captação e consumo de água de superfície que sejam ambientalmente responsáveis e promovam a sustentabilidade dos recursos hídricos.

Verificou-se que 98,25% dos especialistas indicaram algum nível de relevância para o indicador Água de Reaproveitamento da Produção o que corresponde a uma relevância acumulada (relevante e muita relevância) de 87,50%. A distribuição do grau de relevância para o respectivo indicador é apresentada na Figura 102.

Figura 102 - Comportamento da relevância do indicador água de reaproveitamento da produção

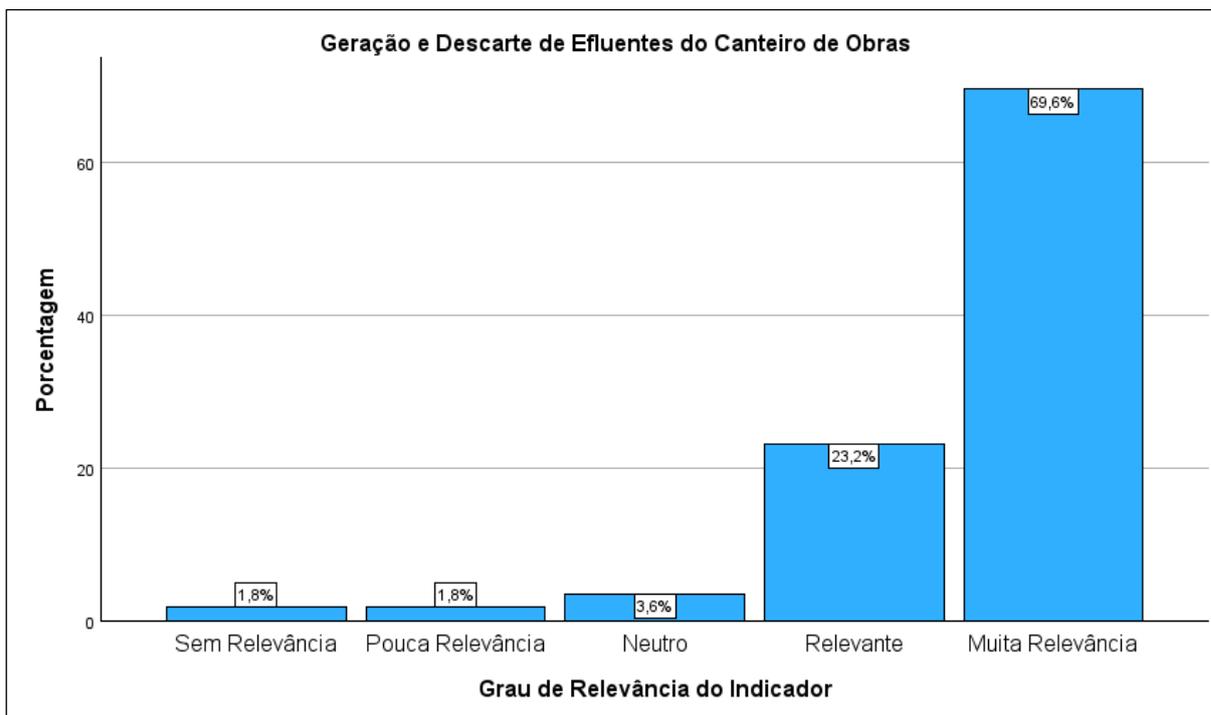


Fonte: O autor (2023).

O monitoramento e controle do respectivo indicador contribui para atendimento dos ODS 6, 9, 11 e 12. Pois, abordam temas de acesso à água potável, inovação na indústria de construção civil, desenvolvimento sustentável urbano e consumo e produção responsável para esse tipo de obra. O reaproveitamento da água durante uma obra contribui para promover um futuro mais sustentável e eficiente em termos de recursos hídricos.

Observou-se que 98,25% dos entrevistados colaboraram para a classificação do índice de relevância do indicador Geração e Descarte de Efluentes do Canteiro de Obras. A relevância acumulada (relevante e muita relevância) desse indicador atingiu 92,86%, sendo o mesmo o terceiro mais relevante entre todos os 97 indicadores estudados. Esse resultado surpreendeu, visto que na literatura abordada somente dois autores (Vechi *et al.* (2016) e Azarov *et al.* (2019)) abordaram essa temática. A Figura 103 apresenta a distribuição percentual do nível de relevância para o respectivo indicador.

Figura 103 - Comportamento da relevância do indicador água de reaproveitamento da produção

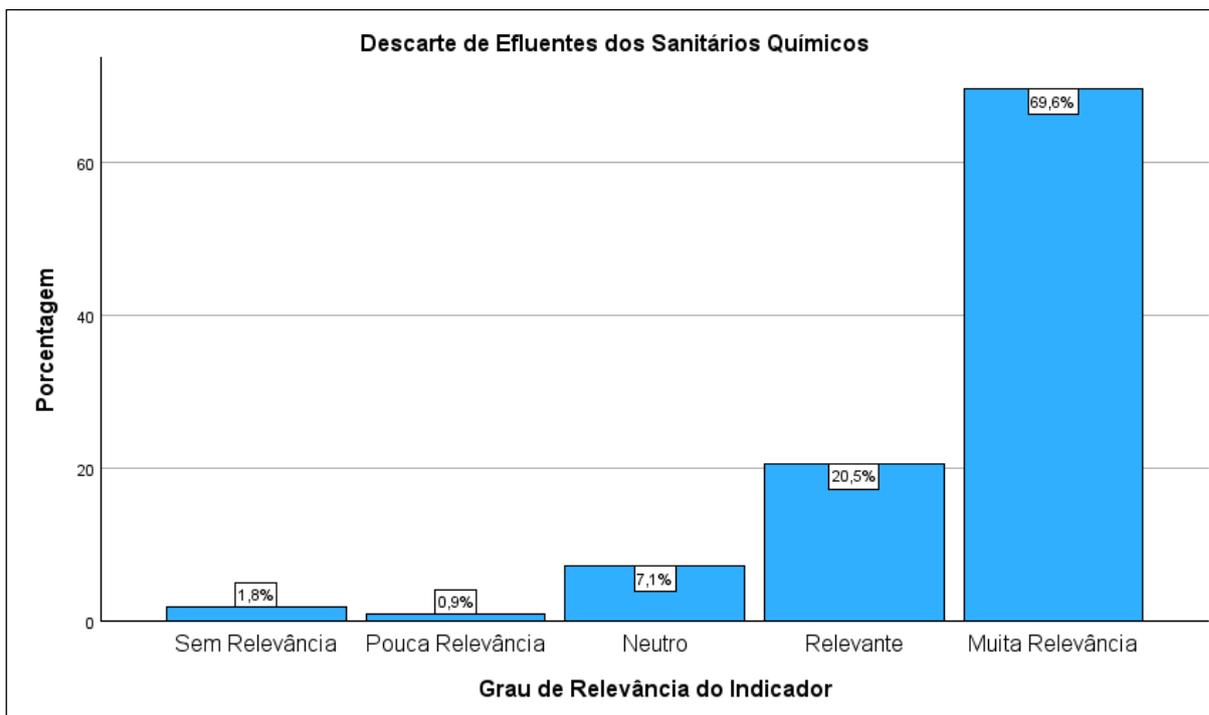


Fonte: O autor (2023).

É possível afirmar que o indicador Geração e Descarte de Efluentes do Canteiro de Obras promove que os ODS 6, 8, 9, 11, 12, 14 e 15 sejam cumpridos durante a ampliação de um aeródromo. Esses ODS abordam, respectivamente, elementos relacionados ao acesso à água potável, a geração de empregos e a inovação tecnológica, o desenvolvimento urbano sustentável, o consumo responsável e a conservação dos ecossistemas aquáticos e terrestres. Além disso, a adoção de práticas adequadas para o tratamento e descarte dos efluentes favorecem a promoção de um futuro sustentável e proteção dos recursos hídricos e os ecossistemas.

Constatou-se que 98,25% dos especialistas consultados caracterizou um índice de relevância para o indicador Descarte de Efluentes dos Sanitários Químicos, correspondendo a uma relevância acumulada (relevante e muita relevância) de 90,18%. A distribuição do índice de relevância para o respectivo indicador é apresentada na Figura 104.

Figura 104 - Relevância distribuída do indicador descarte de efluentes dos sanitários químicos



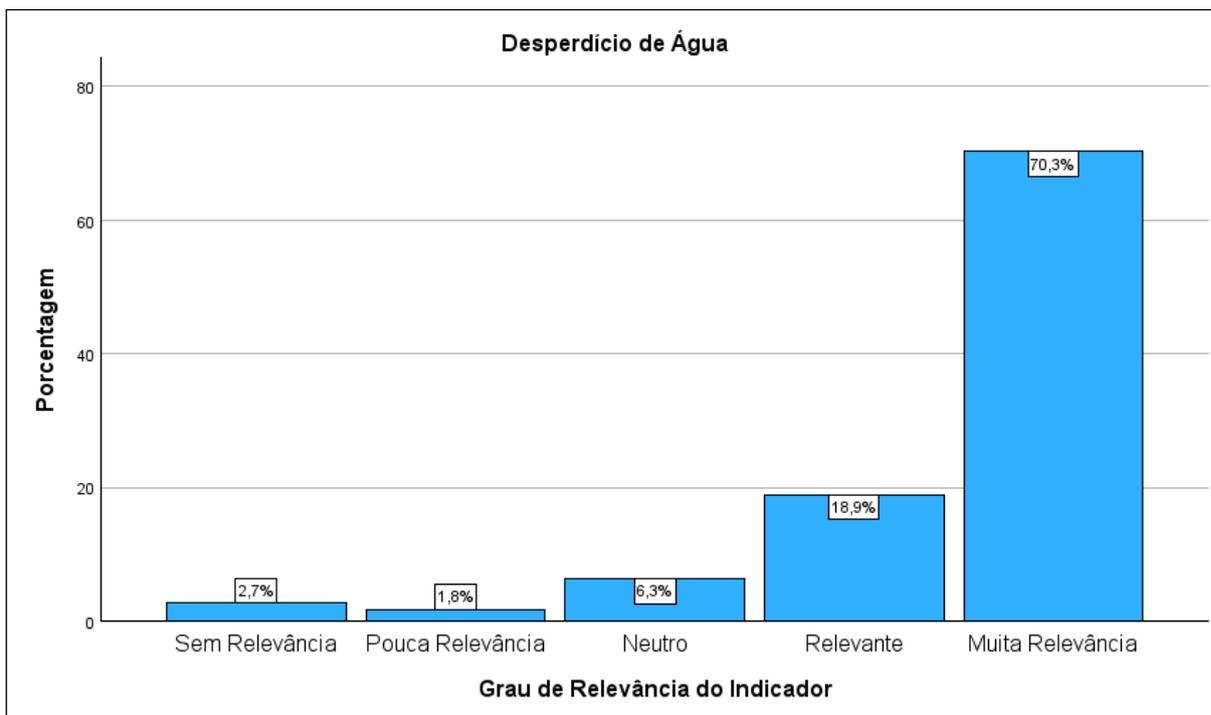
Fonte: O autor (2023).

O respectivo indicador ao ser monitorado durante uma obra de aeroporto tem uma importante colaboração para que se atenda às diretrizes dos ODS 8, 9, 11, 14 e 15. Os mesmos estão associados ao crescimento econômico e a geração de empregos, a idealização de novas tecnologias, a promoção da sustentabilidade urbana e pela conservação dos ecossistemas. Realça-se que a adoção práticas ambientais para o descarte e o tratamento dos efluentes, coletados por esses dispositivos favorece para o desenvolvimento sustentável e a preservação dos recursos hídricos e os ecossistemas.

A relevância do indicador Desperdício de Água teve contribuição de 97,37% dos respondentes e mostrou uma relevância acumulada (relevante e muita relevância) de 89,19%. Observou-se que Greer *et al.* (2020) propuseram, ainda na fase de planejamento (desenvolvimento de projetos) que ao se construir um aeroporto se especifique materiais que evitem o desperdício de água. Esse elemento é importante para se buscar mitigar o desperdício também na fase de construção, conforme exposto em 4.1 IDENTIFICAÇÃO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS DA OBRA.

Verificou-se que a obra de SBRF não monitorou esse indicador e não se tem informação do quanto de água foi consumido e desperdiçado, a Figura 105 exhibe a distribuição percentual do grau de relevância do indicador em análise.

Figura 105 - Distribuição da relevância do indicador desperdício de água

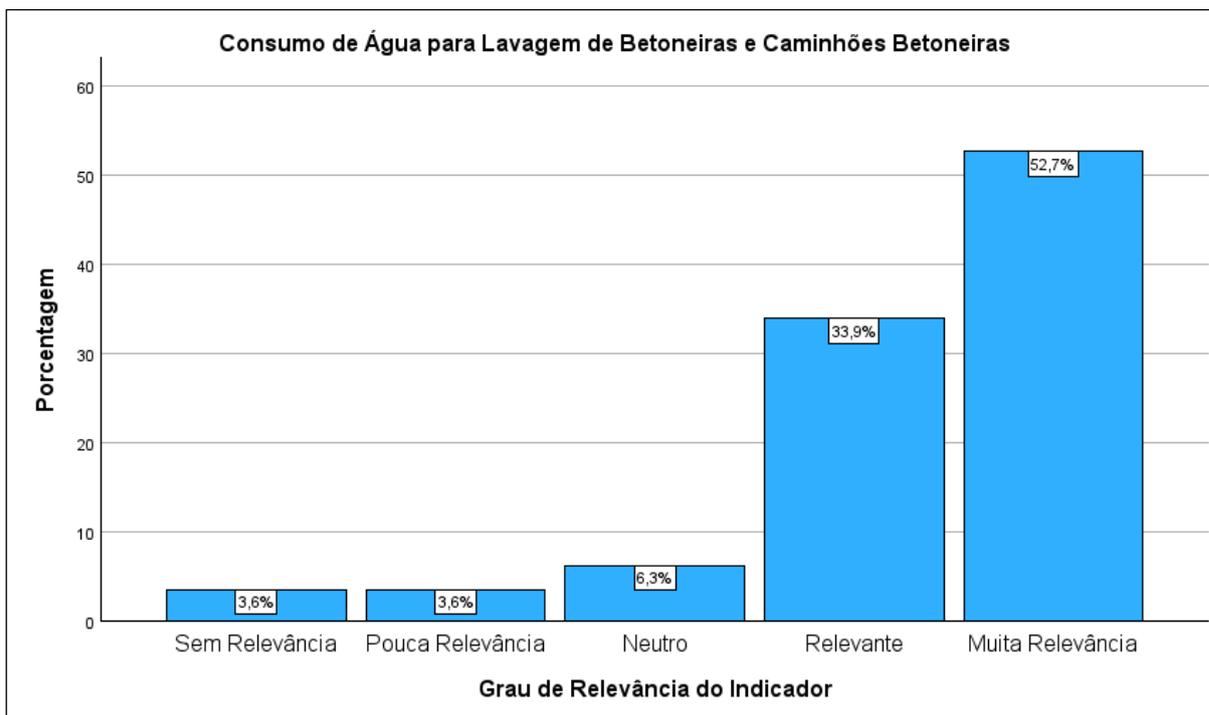


Fonte: O autor (2023).

Ao se monitorar o indicador Desperdício de Água durante a expansão de um aeródromo é factível auxiliar no atendimento das metas previstas para os ODS 6, 9, 12, 13 e 15. Pois, esses ODS estão intimamente relacionados a disponibilidade de água limpa, eficiência no uso dos recursos hídricos, na racionalidade do consumo, na minimização dos efeitos climáticos e na conservação dos ecossistemas terrestres. A utilização de instrumentos que controlem e reduzam o desperdício de água nas obras de aeroportos, a exemplo do indicador proposto, é um passo fundamental para a garantia do desenvolvimento sustentável e da manutenção da disponibilidade hídrica para as gerações presentes e futuras.

O quantitativo de especialistas que distinguiu o nível de relevância do indicador Consumo de Água para Lavagem de Betoneiras e Caminhões Betoneiras foi de 98,25% do total de respondentes. A relevância acumulada (relevante e muita relevância) deste indicador corresponde a 86,61%. A Figura 106 apresenta a distribuição percentual do nível de relevância para o respectivo indicador.

Figura 106 - Relevância do indicador consumo de água para lavagem de betoneiras e caminhões betoneiras



Fonte: O autor (2023).

Verificou-se na obra de SBRF que a lavagem desses equipamentos durante uma obra de expansão aeroportuária é bem recorrente, visto ao grande volume de concreto e argamassa utilizado. Dessa forma, considera-se que os ODS 6 e 12, abordam os itens associados a essas atividades devido a necessidade de disponibilidade de água limpa, bem como do consumo racional. Recomenda-se que a lavagem desses dispositivos priorize a utilização de águas de reuso e daquelas captadas pela chuva.

Percebeu-se uma lacuna na literatura sobre os indicadores Captação e Consumo de Água de Superfície - Rios, Lagos e Córregos, Água de Reaproveitamento da Produção, Descarte de Efluentes dos Sanitários Químicos, Consumo de Água para Lavagem de Betoneiras e Caminhões Betoneiras. Possivelmente o primeiro é justificado por as obras de aeroportos utilizarem águas oriundas das concessionárias de distribuição, entretanto é importante frisar que a origem dessas águas encanadas em grande maioria é desses mananciais. Logo, estima-se que os especialistas ao indicarem a sua relevância tenham feito algum tipo de correlação nesse aspecto.

Para os demais indicadores, constatou-se que falta a realização de maiores estudos sobre eles. Na obra do SBRF verificou-se o reaproveitamento da água no laboratório de controle tecnológico de concreto, já que os corpos de provas eram imersos para cura e após a realização

dos ensaios não houve o descarte da água. Quanto ao descarte dos efluentes provenientes de sanitários químicos, constatou-se que os mesmos eram coletados por empresa legalmente habilitada e credenciada; entretanto essa pesquisa não teve acesso às informações que reportaram o volume de rejeitos.

4.4.5 Emissões de Gases e Materiais Particulados

Devido a sua amplitude e as mais variadas atividades executivas, verificou-se que o empreendimento em análise é responsável pela emissão de gases e materiais particulados. O monitoramento e controle dessas variáveis por meio de indicadores ambientais, colabora para que parte das metas dos ODS recomendados pela ONU (2015) sejam cumpridas. O conjunto de indicadores associados à Emissões de Gases e Materiais Particulados proporcionou que a sua relevância fosse medida no questionário por meio de 5 propostas, conforme apresentado no Quadro 45.

Quadro 45 - Sugestão de indicadores para classe combustíveis e derivados de petróleo

Proposta de Indicadores Ambientais para Gestão Ambiental de Obras Aeroportuárias - Combustíveis e Derivados de Petróleo
Emissão de dióxido de carbono - CO ₂ (Mt CO ₂)
Emissão de material particulado (Kg)
Emissão de ruído (dB)
Emissão de vibração (Hz)
Redução de emissão de gases do efeito estufa (Mt CO ₂)

Fonte: O autor (2023).

Depois de apreciar as informações adquiridas por meio do questionário, foi possível verificar que 100,00% dos indicadores propostos para a categoria Emissões de Gases e Materiais Particulados apresentaram algum tipo de grau de relevância. Verificou-se, que 99,12% dos especialistas se posicionaram sobre a relevância dos indicadores da amostra examinada. Realizou-se a análise da confiabilidade das respostas para os 5 indicadores sugeridos para a referente classe, por meio do coeficiente Alpha de Cronbach e o valor encontrado foi igual é alto, igual a 0,909, conforme evidenciado na Figura 107.

Figura 107 - Confiabilidade das respostas dos indicadores do grupo emissões de gases e materiais particulados

Estatísticas de confiabilidade		
Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach com base em itens padronizados	N de itens
,909	,911	5

Fonte: O autor (2023).

Pelo meio da apreciação do valor calculado é cabível afirmar que o conjunto de respostas apresenta uma alta coerência dos dados arrecadados no questionário. Quanto à normalidade gaussiana, a distribuição dos índices de relevância para os indicadores desse grupo de indicadores apresentou um comportamento assimétrico. A distribuição de relevância para cada um dos indicadores consultados, para a categoria Emissões de Gases e Materiais Particulados, é apresentada no Quadro 46.

Quadro 46 - Distribuição da relevância dos indicadores propostos para a classe emissões de gases e materiais particulados

Indicadores Ambientais Propostos para Gestão Ambiental de Obras Aeroportuárias - Emissões de Gases e Materiais Particulados	Sem Relevância		Pouca Relevância		Neutro		Relevante		Muita Relevância		Mediana	Moda
	Frequência Absoluta	Proporção										
Emissão de dióxido de carbono - CO ₂ (Mt CO ₂)	4	3,6%	5	4,5%	5	4,5%	31	28,2%	65	59,1%	5	5
Emissão de material particulado (Kg)	2	1,8%	5	4,5%	9	8,1%	46	41,4%	49	44,1%	4	5
Emissão de ruído (dB)	3	2,7%	6	5,3%	6	5,3%	46	40,7%	52	46,0%	4	5
Emissão de vibração (Hz)	5	4,5%	10	8,9%	11	9,8%	47	42,0%	39	34,8%	4	4
Redução de emissão de gases do efeito estufa (Mt CO ₂)	6	5,4%	7	6,3%	1	0,9%	27	24,1%	71	63,4%	5	5

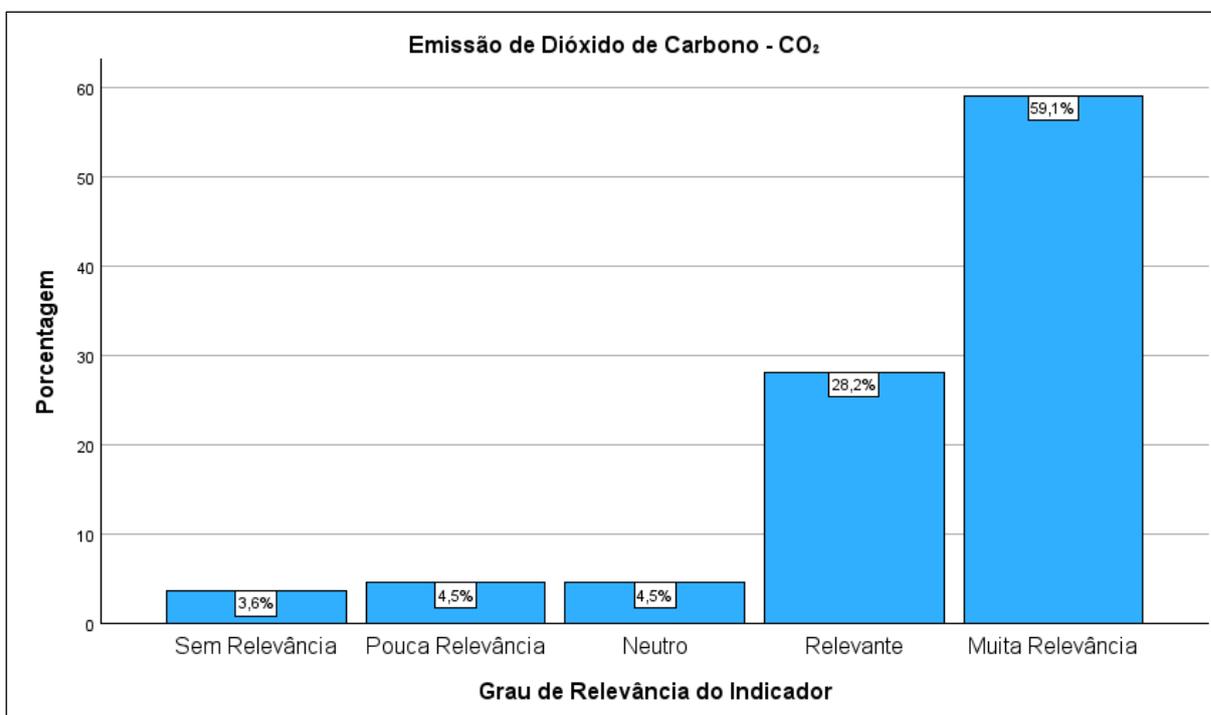
Fonte: O autor (2023).

A partir do Quadro 46 é possível afirmar que 40,00% e 80,00% dos indicadores avaliados no grupo Emissões de Gases e Materiais Particulados, apresentaram mediana e moda igual a Muita Relevância. Dentre os 5 indicadores sugeridos para a categoria em análise, propõem-se que aqueles que apresentaram, simultaneamente, as maiores medianas e modas entre todas as variáveis consultadas sejam monitorados ao longo de uma obra de aeroporto. Os indicadores Emissão de Dióxido de Carbono - CO₂ e Redução de Emissão de Gases do Efeito Estufa apresentaram mediana e moda máxima (Muita Relevância) para a classe em discussão.

O grau de relevância do indicador Emissão de Dióxido de Carbono - CO₂ foi avaliado por 97,37% dos respondentes e se manifestou com uma relevância acumulada (relevante e muita relevância) de 87,27%. Esse resultado era esperado, já que a descarbonização é uma tendência multisetorial e de abrangência mundial. O grau de relevância encontrado para esse indicador também foi constatado na literatura consultada (IPEA (2010a), Gasques *et al.* (2014), Silva (2017), Marciel *et al.* (2018), GBCB (2020), Ribeiro *et al.* (2021), Ministério de Minas e Energia (2022) e CBIC (2022)).

A Figura 108 apresenta a distribuição percentual do nível de relevância para o respectivo indicador.

Figura 108 - Comportamento da relevância do indicador emissão de dióxido de carbono - CO₂



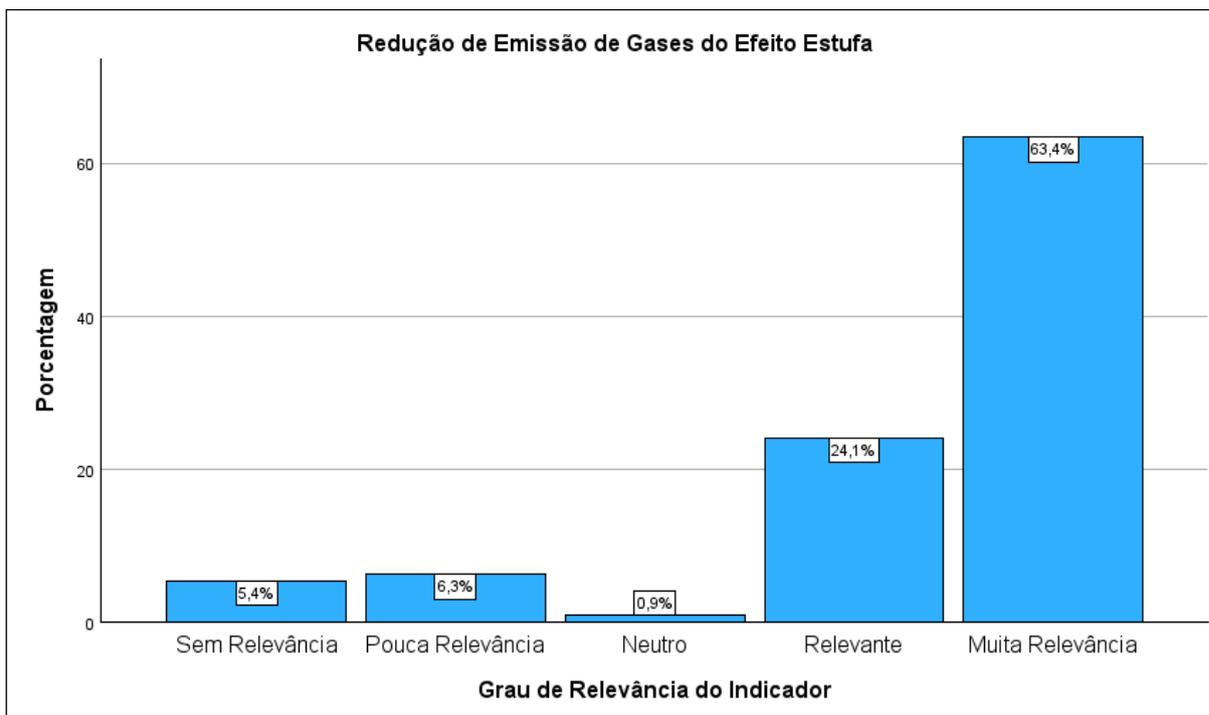
Fonte: O autor (2023).

O controle de emissão de CO₂ é uma necessidade global, visto que esse gás influencia diretamente na qualidade de vida humana e no cumprimento dos ODS 3, 9, 11 e 13. O emprego do indicador Emissão de Dióxido de Carbono - CO₂ durante a execução de uma obra de aeroporto é de fundamental relevância, visto que o mesmo fere os aspectos relacionados à boa saúde e bem estar, a sustentabilidade na indústria da construção civil, no desenvolvimento sustentável das cidades e principalmente nas questões climáticas. Propõem-se que essa tipologia de empreendimento busque incorporar cada vez mais procedimentos e práticas de construção sustentáveis para reduzir as emissões desse gás CO₂ que é altamente prejudicial.

A relevância do indicador Redução de Emissão de Gases do Efeito Estufa foi categorizada por 98,25% dos consultados e demonstrou uma relevância acumulada (relevante e muita relevância) de 87,50%. O grau de importância encontrado para esse elemento está aderente ao verificado na literatura (Lenzen *et al.* (2003), IPEA (2010a), Baxter *et al.* (2018), Greer *et al.* (2020), Monterrubio *et al.* (2020), (PMI, 2021), Ribeiro *et al.* (2021), CBIC (2022), Aena Brasil (2023), Anshebo *et al.* (2023), Greer *et al.* (2023)), visto que esses gases comprometem o ecossistema e a sua redução é uma necessidade global. Além disso, recomenda-se que os canteiros de obras de aeroportos abracem essa causa para preservar o meio ambiente e para obter uma construção mais sustentável.

A Figura 109 exibe a distribuição percentual do grau de relevância do indicador em apreciação.

Figura 109 - Relevância distribuída do indicador redução de emissão de gases do efeito estufa



Fonte: O autor (2023).

O mundo urge pela redução de emissão de GEE já que esses fluidos têm contribuído, ao longo dos anos, de maneira adversa com as mais variadas questões socioambientais. Monitorar o indicador proposto, Redução de Emissão de Gases do Efeito Estufa, ao longo das obras de infraestruturas aeroportuárias é de grande importância e está associado ao cumprimento dos ODS 7, 9, 11 e 13. Esses ODS possuem relação direta com a necessidade de adoção de energias limpas, inovação e sustentabilidade na indústria da construção civil, no desenvolvimento sustentável das cidades e principalmente na vulnerabilidade climática.

4.4.6 Geração de Resíduos Sólidos

Foi percebido ao longo das obras de expansão do SBRF a geração de um grande volume de resíduos sólidos nas mais variadas classes. O emprego de indicadores de sustentabilidades específicos para monitoramento dessa problemática colabora para o atendimento de parte dos ODS recomendados pela ONU (2015) durante a execução de obras de um aeródromo. Para a categoria Geração de Resíduos Sólidos, o questionário aplicado para conferência da relevância dos indicadores de gestão ambiental para obras aeroportuárias contou com 21 elementos propostos.

Destaca-se que esses indicadores estão relacionados no Quadro 47 e foram ordenados o mais próximo possível da classificação recomendada pela Resolução CONAMA nº 307/2002.

Quadro 47 - Indicadores ambientais propostos para os materiais no questionário

Proposta de Indicadores Ambientais para Gestão Ambiental de Obras Aeroportuárias – Geração de Resíduos Sólidos
Argamassa (Kg)
Concreto (Kg)
Material cerâmico (Kg)
Solo (m ³)
Cobre (Kg)
Embalagens de tintas e solventes (Unid.)
Gesso (Kg)
Madeira (Kg)
Metal (Kg)
Papel (Kg)
Plásticos e PVC (Kg)
Rochas (Kg)
Vidro (Kg)
Tintas e solventes (L)
Asfalto (Kg)
Derivados de borrachas (Kg)
Dispositivos eletrônicos (Kg)
Hospitalar (Kg)
Isopor/EPS (m ³)
Material orgânico (Kg)
Vegetação (m ³)

Fonte: O autor (2023).

Após a análise das informações coletadas, percebeu-se que 100,00% dos indicadores propostos para a categoria Geração de Resíduos Sólidos, apresentaram classificação da relevância por parte dos respondentes. Foi realizada a análise da confiabilidade das respostas para os 21 indicadores sugeridos para a concernede categoria, por meio do coeficiente Alpha de Cronbach. Observou-se que a amostra apresentou um índice de confiabilidade igual a 0,955, conforme detalhado na Figura 110. Através da análise do índice encontrado é possível verificar uma robusta consistência dos dados coletados por meio da análise das respostas do questionário para o conjunto de indicadores em estudo.

Figura 110 - Confiabilidade das respostas dos 21 indicadores da categoria em análise

Estatísticas de confiabilidade		
Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach com base em itens padronizados	N de itens
,955	,957	21

Fonte: O autor (2023).

A distribuição do grau de relevância para os indicadores da classe Geração de Resíduos Sólidos apresentaram um comportamento assimétrico em relação à curva de Gauss. O Quadro 48 apresenta a distribuição de relevância para cada um dos indicadores avaliados no questionário, para a respectiva categoria.

Quadro 48 - Distribuição da relevância dos indicadores indicados para a categoria geração de resíduos sólidos

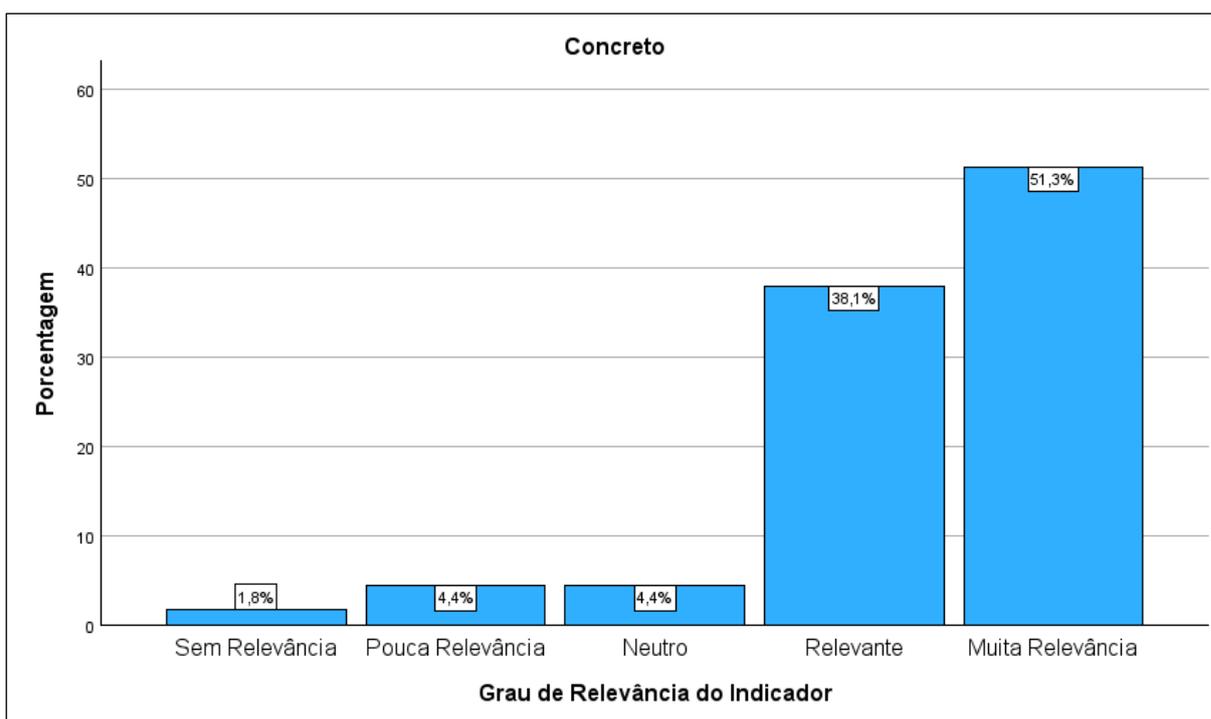
Indicadores Ambientais Propostos para Gestão Ambiental de Obras Aeroportuárias - Geração de Resíduos Sólidos	Sem Relevância		Pouca Relevância		Neutro		Relevante		Muita Relevância		Mediana	Moda
	Frequência Absoluta	Proporção										
Argamassa (Kg)	1	0,9%	6	5,4%	10	8,9%	51	45,5%	44	39,3%	Relevante	Relevante
Concreto (Kg)	2	1,8%	5	4,4%	5	4,4%	43	38,1%	58	51,3%	Muita Relevância	Muita Relevância
Material cerâmico (Kg)	1	0,9%	5	4,5%	14	12,7%	53	48,2%	37	33,6%	Relevante	Relevante
Solo (m³)	3	2,7%	7	6,2%	18	15,9%	49	43,4%	36	31,9%	Relevante	Relevante
Cobre (Kg)	2	1,8%	7	6,3%	14	12,5%	45	40,2%	44	39,3%	Relevante	Relevante
Embalagens de tintas e solventes (Unid.)	2	1,8%	2	1,8%	5	4,4%	33	29,2%	71	62,8%	Muita Relevância	Muita Relevância
Gesso (Kg)	3	2,7%	6	5,4%	17	15,2%	45	40,2%	41	36,6%	Relevante	Relevante
Madeira (Kg)	3	2,7%	6	5,4%	14	12,5%	41	36,6%	48	42,9%	Relevante	Muita Relevância
Metal (Kg)	4	3,5%	6	5,3%	11	9,7%	48	42,5%	44	38,9%	Relevante	Relevante
Papel (Kg)	6	5,4%	7	6,3%	12	10,8%	47	42,3%	39	35,1%	Relevante	Relevante
Plásticos e PVC (Kg)	5	4,5%	3	2,7%	5	4,5%	40	35,7%	59	52,7%	Muita Relevância	Muita Relevância
Rochas (Kg)	4	3,6%	12	10,8%	24	21,6%	44	39,6%	27	24,3%	Relevante	Relevante
Vidro (Kg)	3	2,7%	5	4,5%	21	18,8%	45	40,2%	38	33,9%	Relevante	Relevante
Tintas e solventes (L)	3	2,7%	1	0,9%	8	7,3%	30	27,3%	68	61,8%	Muita Relevância	Muita Relevância
Asfalto (Kg)	1	0,9%	2	1,8%	9	8,0%	33	29,5%	67	59,8%	Muita Relevância	Muita Relevância
Derivados de borrachas (Kg)	3	2,7%	5	4,4%	13	11,5%	30	26,5%	62	54,9%	Muita Relevância	Muita Relevância
Dispositivos eletrônicos (Kg)	6	5,3%	5	4,4%	12	10,6%	33	29,2%	57	50,4%	Muita Relevância	Muita Relevância
Hospitalar (Kg)	11	9,7%	4	3,5%	15	13,3%	17	15,0%	66	58,4%	Muita Relevância	Muita Relevância
Isopor/EPS (m³)	7	6,2%	3	2,7%	19	16,8%	36	31,9%	48	42,5%	Relevante	Muita Relevância
Material orgânico (Kg)	9	8,1%	9	8,1%	18	16,2%	37	33,3%	38	34,2%	Relevante	Muita Relevância
Vegetação (m³)	9	8,1%	4	3,6%	24	21,6%	41	36,9%	33	29,7%	Relevante	Relevante

Fonte: O autor (2023).

Constatou-se através do Quadro 48 que 38,10% e 57,14% dos indicadores avaliados no grupo Geração de Resíduos Sólidos, apresentaram mediana e moda igual a Muita Relevância. Os indicadores geração de resíduos sólidos provenientes do Concreto, Embalagens de Tintas e Solventes, Plásticos e PVC, Tintas e Solventes, Asfalto, Derivados de Borrachas, Dispositivos Eletrônicos e Hospitalar apresentaram mediana e moda máxima (Muita Relevância) para a classe de energia. Logo, aconselha-se o monitoramento desses indicadores durante uma obra de infraestrutura aeroportuária.

O grau de relevância do indicador referente a geração de resíduos sólidos Concreto foi avaliado por 99,12% dos respondentes e se manifestou com uma relevância acumulada (relevante e muita relevância) de 89,38%. A Figura 111 apresenta a distribuição percentual do nível de relevância para o respectivo indicador.

Figura 111 - Conduta da relevância do indicador concreto



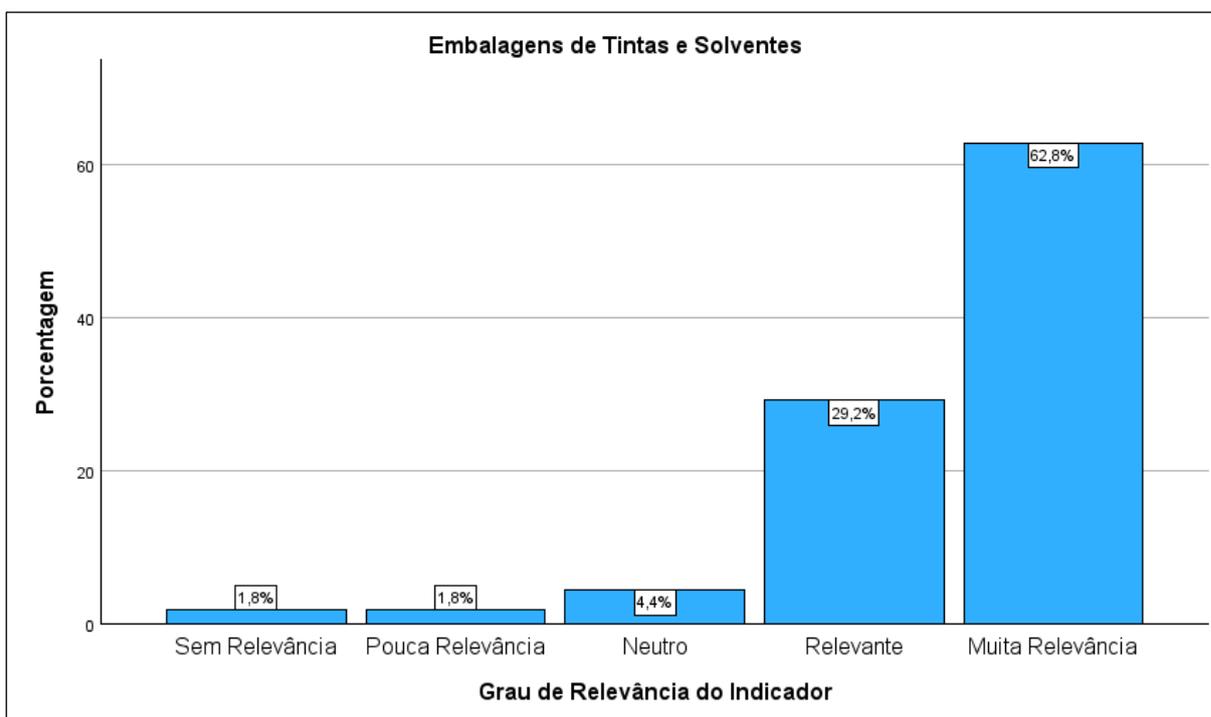
Fonte: O autor (2023).

Verificou-se que esse respectivo indicador está relacionado com os ODS 11, 12, 13 e 15, pois tratam diretamente do gerenciamento desses resíduos para promoção da sustentabilidade urbana, consumo e produção sustentável, combate às alterações climáticas e amparo dos ecossistemas terrestres. Recomenda-se a adoção de boas práticas ambientais para a gestão desses resíduos a exemplo da reciclagem e a sua reutilização no próprio canteiro de

obras.

A relevância do indicador associado a geração de resíduos sólidos Embalagens de Tintas e Solventes foi identificada por 99,12% dos especialistas consultados e apresentou uma relevância acumulada (relevante e muita relevância) de 92,04% o que caracteriza como a quarta maior relevância entre os 97 indicadores propostos. A Figura 112 exhibe a distribuição percentual do grau de relevância do indicador em apreciação.

Figura 112 - Relevância distribuída do indicador embalagens de tintas e solventes



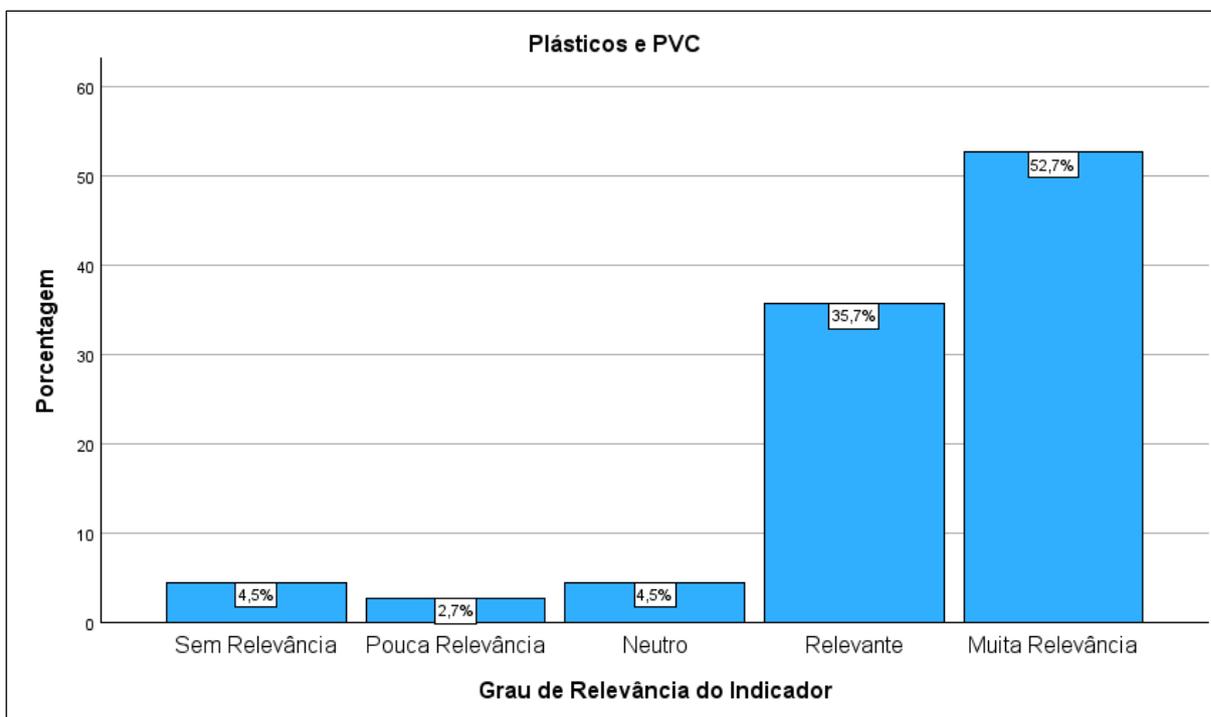
Fonte: O autor (2023).

Constatou-se que a geração de resíduos sólidos oriundos de embalagens de tintas e solventes durante uma obra de aeroporto tem associação aos ODS 3, 6, 11, 12, 14 e 15. Pois, estão relacionados a questões de saúde pública, possibilidade de interferência na qualidade das águas superficiais e subterrâneas, da gestão sustentável e urbana desses resíduos, a produção e ao consumo responsável além da preservação dos ecossistemas aquáticos e terrestres. Recomenda-se o monitoramento desse indicador para facilitar na execução da gestão desse tipo de resíduo através da política reversa junto aos seus respectivos fabricantes conforme preconiza a legislação vigente.

Verificou-se que 98,25% dos consultados indicaram algum nível de relevância para o indicador Plásticos e PVC, obedecendo a uma relevância acumulada (relevante e muita

relevância) de 88,39%. A distribuição do índice de relevância para o respectivo indicador é apresentada na Figura 113.

Figura 113 - Relevância distribuída do indicador plásticos e PVC

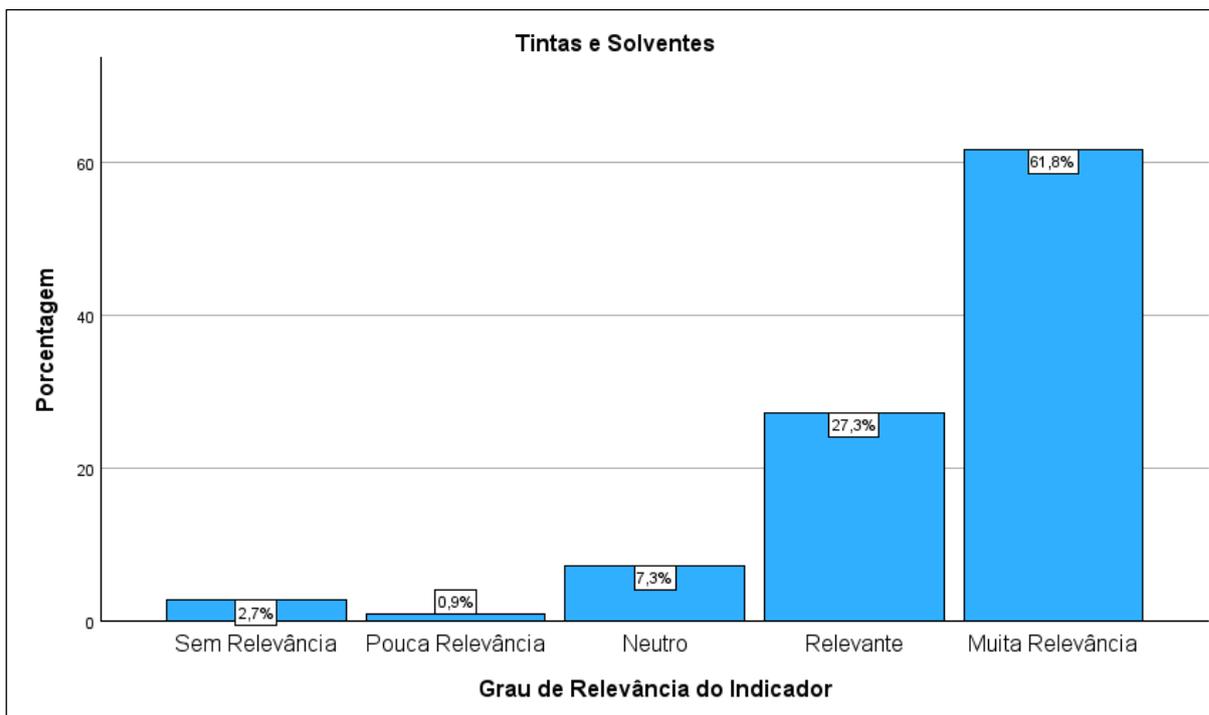


Fonte: O autor (2023).

A geração de resíduos sólidos oriundos de plásticos e PVC durante uma obra de aeroporto está relacionada aos ODS 11, 12, 14 e 15. Verificou-se que os mesmos comportam elementos que tratam da gestão desses resíduos, do consumo responsável nos canteiros de obras de aeroportos e da conservação dos ecossistemas. Propõem-se o acompanhamento do indicador Plásticos e PVC durante esse tipo de projeto devido a possibilidade de contribuição com o gerenciamento dessa categoria de resíduos, bem como a promoção da redução do desperdício e a reciclagem desses insumos no próprio canteiro.

Notou-se que 96,49% dos entrevistados colaboraram para a classificação do índice de relevância do indicador Tintas e Solventes. A relevância acumulada (relevante e muita relevância) desse indicador chegou a 96,49. A Figura 114 apresenta a distribuição percentual do nível de relevância para o respectivo indicador.

Figura 114 - Distribuição da relevância do indicador tintas e solventes

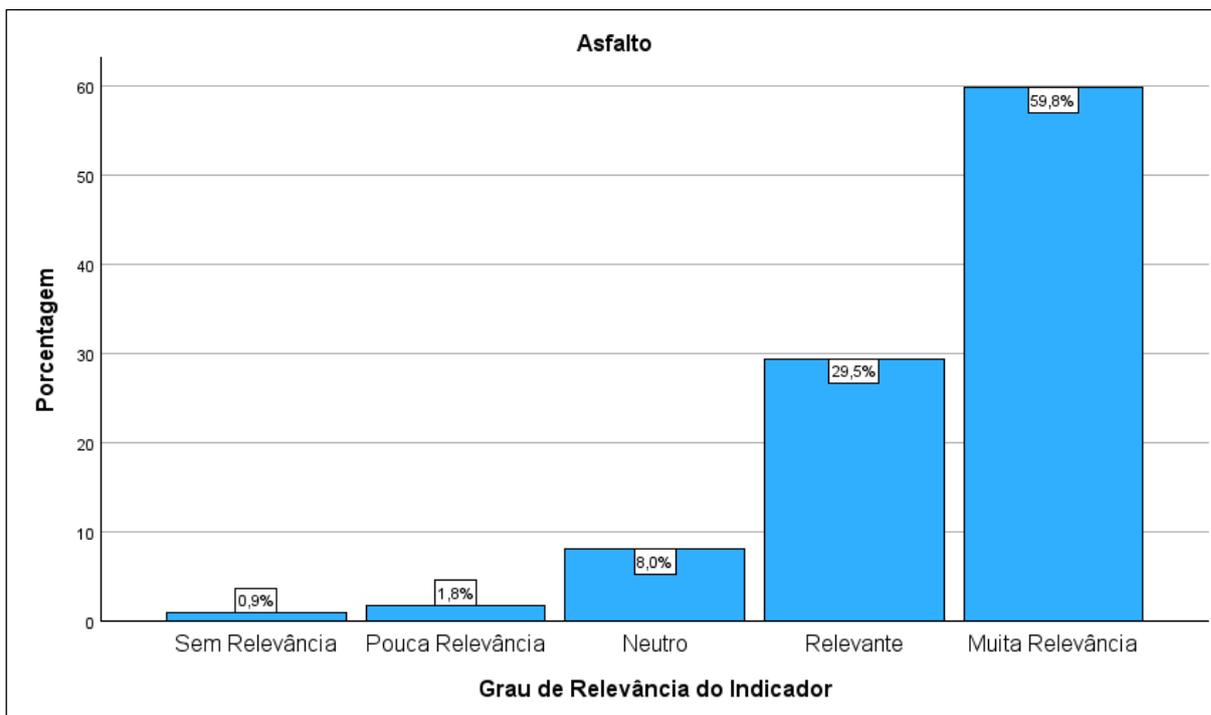


Fonte: O autor (2023).

O monitoramento da geração de resíduos sólidos oriundos de tintas e solventes ao longo de uma obra aeroportuária está relacionada aos ODS 6, 11, 12, 14 e 15. Verificou-se que os mesmos suportam subsídios que versam sobre a contaminação das águas superficiais e subterrâneas, da gestão desses resíduos, do consumo responsável e da conservação dos ecossistemas aquáticos e terrestres. Indica-se o acompanhamento do indicador Tintas e Solventes durante esse tipo de empreendimento devido a seu apoio junto ao gerenciamento desses resíduos, bem como a promoção da redução do desperdício, da correta segregação e do seu adequado descarte.

A relevância do indicador Asfalto teve contribuição de 98,25% dos profissionais consultados e exibiu uma relevância acumulada (relevante e muita relevância) de 89,29%. A Figura 115 exhibe a distribuição percentual do grau de relevância do indicador em apreciação.

Figura 115 - Relevância distribuída do indicador asfalto

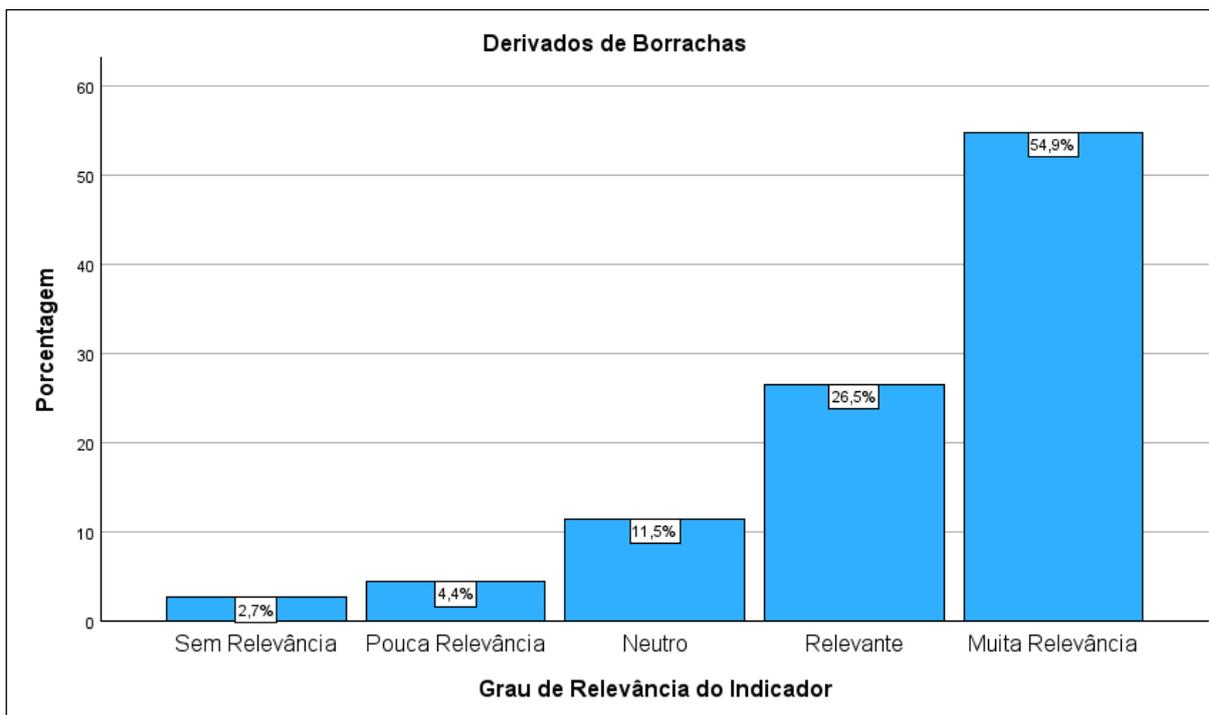


Fonte: O autor (2023).

Apesar desse tipo de material apresentar um alto grau de reaproveitamento, verificou-se que durante a execução da obra de SBRF houve a geração de resíduos sólidos oriundos da demolição, fresagem, recape e execução de pavimentos flexíveis. Esse aspecto está associado aos ODS 11, 12 e 15, já que necessita realizar a gestão desses resíduos para o desenvolvimento urbano e sustentável, da produção e do consumo responsável da aplicação desse material e mitigação do ecossistema terrestre. O acompanhamento do indicador Asfalto é recomendado por facilitar o gerenciamento dessa tipologia de resíduo, bem como da sua reciclagem e reutilização de maneira que contribua com redução da extração de matéria prima natural e do impacto ambiental adverso dessa extração.

O quantitativo de especialistas que distinguiu o nível de relevância do indicador Derivados de Borrachas foi de 99,12% dos entrevistados. A relevância acumulada (relevante e muita relevância) deste indicador corresponde a 81,42%. A Figura 116 apresenta a distribuição percentual do nível de relevância para o respectivo indicador.

Figura 116 - Distribuição da relevância do indicador derivados de borrachas

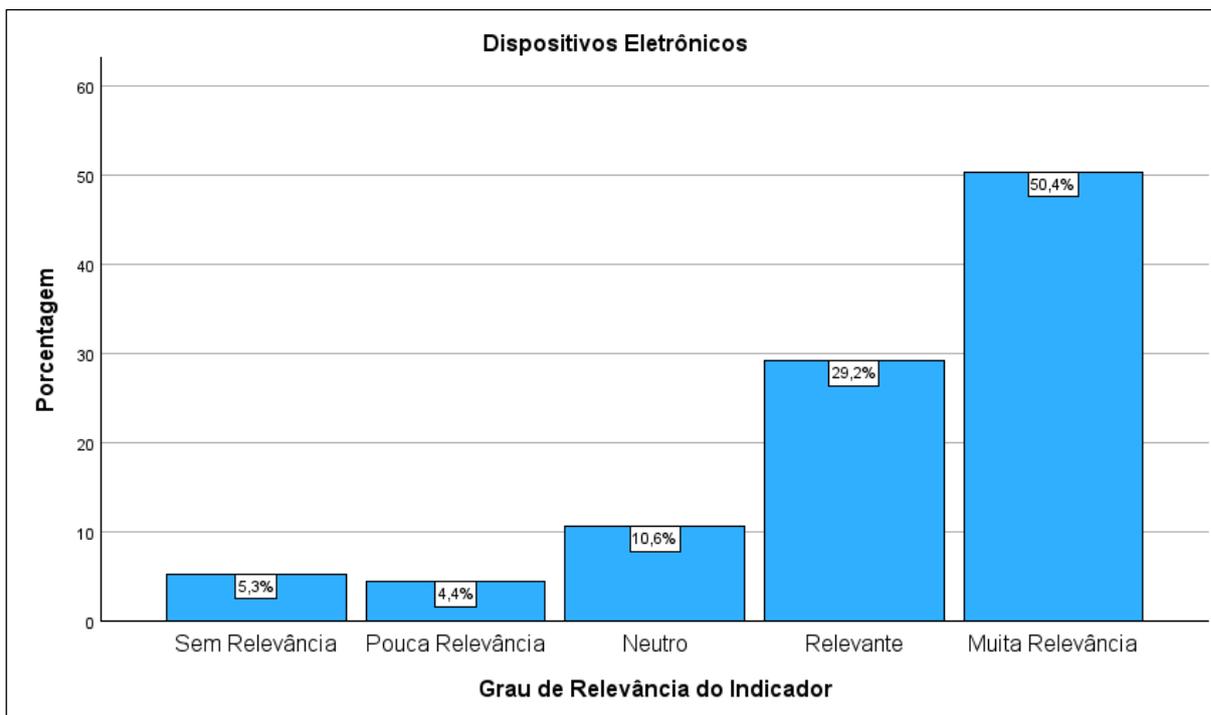


Fonte: O autor (2023).

Observou-se que a construção e ampliação do SBRF também gerou resíduos derivados de borrachas que foram aplicadas na obra, bem como das peças utilizadas para acomodar e proteger os equipamentos aeroportuários durante o transporte. Foi possível linkar esse indicador aos ODS 11, 12 e 15 pela demanda de gerir a segregação e descarte desses, bem como pelo consumo responsável e da preservação dos ecossistemas terrestres. Sugere-se o uso do indicador Asfalto para facilitar a adoção de práticas de gestão sustentável que favoreçam a sua reciclagem e reutilização com o objetivo de reduzir o desperdício, a poluição e o impacto ambiental.

A relevância do indicador Dispositivos Eletrônicos teve contribuição de 99,12% dos especialistas consultados e apresentou relevância acumulada (relevante e muita relevância) de 79,65%. A Figura 117 ilustra a distribuição percentual do grau de relevância do indicador em análise.

Figura 117 - Distribuição da relevância do indicador dispositivos eletrônicos

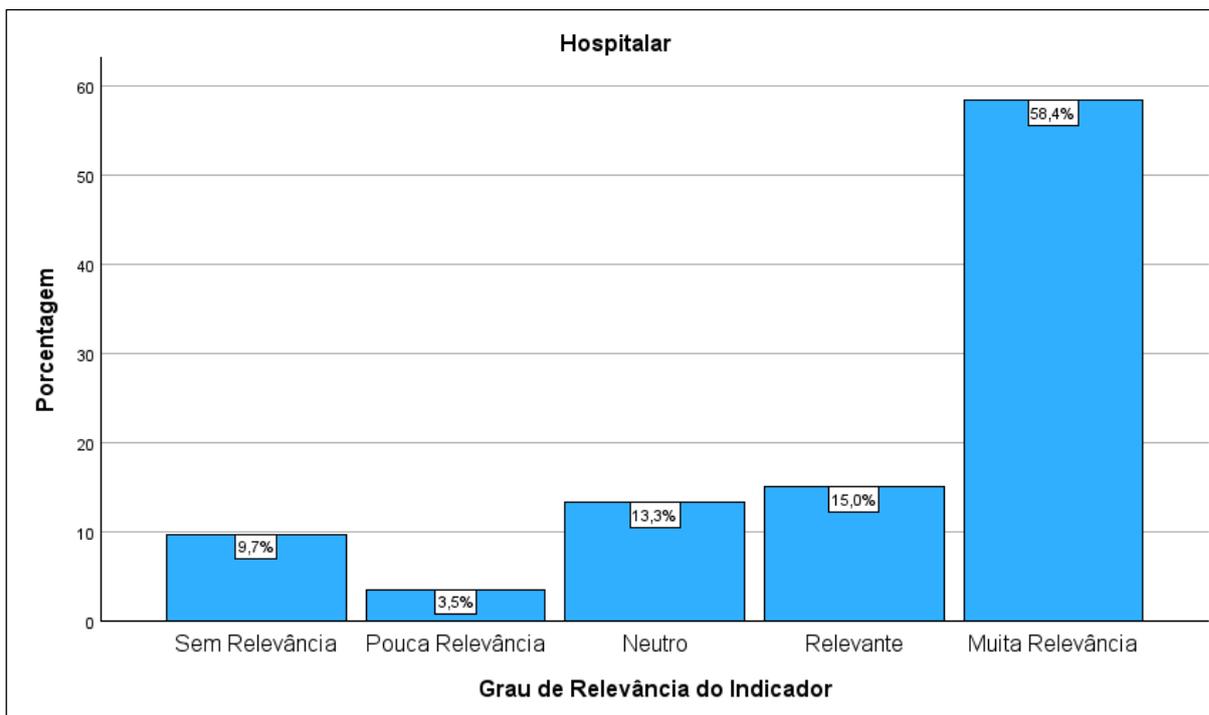


Fonte: O autor (2023).

Ao longo da pesquisa foi constatado a geração de resíduos provenientes da substituição de parte dos dispositivos eletrônicos como o sistema de informativo de voos antigos, do SBRF, por modelos de tecnologia moderna. Esse aspecto tem ligação com os ODS 9 e 12 pois estimula a inovação tecnológica e o consumo responsável desses dispositivos. Recomenda-se o monitoramento deste indicador ao longo de uma obra de aeroporto, pois contribui para a gestão desses resíduos perigosos.

A importância do indicador Hospitalar foi avaliada por 99,12% dos profissionais que responderam ao questionário. A relevância acumulada (relevante e muita relevância) desse indicador equivale a 73,45%. A Figura 118 apresenta a distribuição percentual do nível de relevância para o indicador em análise.

Figura 118 - Desempenho da relevância do indicador hospitalar



Fonte: O autor (2023).

Devido ao volume de trabalhadores, uma obra de expansão aeroportuária busca instalar no seu canteiro de obras um ambulatório para atendimento aos colaboradores. Verificou-se que a obra do SBRF além de atendimento médico, também desenvolveu campanhas para promoção da saúde como a vacinação dos colaboradores contra a gripe e a coleta e doação de sangue, esse processo foi responsável pela geração de resíduos hospitalares. Esses resíduos especiais possuem relação com o ODS 3 e é recomendado por essa pesquisa para proporcionar uma melhor gestão dos resíduos hospitalares.

A geração de resíduos sólidos nos canteiros de obras é um aspecto de muita relevância no meio acadêmico, profissional e social conforme apontado por diversos autores (Baptista Júnior e Romanel (2013), Gasques *et al.* (2014), Agopyan e John (2016), Gomes e Magalhães (2018), Vieira *et al.* (2019), Ribeiro *et al.* (2021), CBIC (2022), Falcão *et al.* (2022), Martins (2022), Anshebo *et al.* (2023), Halvorsen e Andersson (2023)). Entretanto, verificou-se que os estudos abordam na sua maioria os resíduos na sua forma macro, classificando-os por classes conforme a Resolução CONAMA, bem como se buscou apresentar no questionário aplicado por essa pesquisa. Percebeu-se que poucas são as publicações que fazem uma análise de maior amplitude e recomenda-se que as investigações relacionadas a essa temática busque ser mais minuciosa, pois, acredita-se que esse processo pode contribuir significativamente nas questões

comportamentais observadas durante a fase de coletas de dados e relatados anteriormente.

4.4.7 Avaliação Ambiental de Fornecedores

A avaliação ambiental dos fornecedores ao longo de uma obra de infraestrutura aeroportuária é de fundamental importância. Esse processo possui aderência aos ODS recomendados pela ONU (2015) e o seu monitoramento pode ser feito através dos indicadores de sustentabilidade. A série de indicadores Avaliação Ambiental de Fornecedores verificou a nível de relevância de 6 indicadores ambientais de gestão ambiental de obras de aeroportos por meio de um questionário eletrônico, os respectivos indicadores sugeridos estão relacionados no Quadro 49.

Quadro 49 - Indicadores ambientais para a classe avaliação ambiental de fornecedores

Proposta de Indicadores Ambientais para Gestão Ambiental de Obras Aeroportuárias - Avaliação Ambiental de Fornecedores
Número de fornecedores avaliados com relação aos impactos ambientais (Unid.)
Números de fornecedores identificados como causadores de impactos ambientais negativos (Unid.)
O fornecedor deve ser certificado com a ISO 14.000/2015
Percentual de fornecedores identificados como causadores de impactos ambientais negativos com os quais foram acordadas melhorias como decorrência da avaliação realizada (%)
Percentual de fornecedores identificados como causadores de impactos ambientais negativos com os quais a organização encerrou as relações de negócios (%)
Percentual de novos fornecedores que foram selecionados com base em critérios ambientais (%)

Fonte: O autor (2023).

Em seguida a análise dos elementos apurados para a categoria Avaliação Ambiental de Fornecedores, averiguou-se que todos os indicadores propostos para a respectiva classe apresentaram algum tipo de relevância. Os dados mostram que 99,12% dos especialistas se manifestaram sobre a relevância dos indicadores para o conjunto em questão. Realizou-se a análise da confiabilidade das respostas dos 6 indicadores sugeridos para a respectiva amostra, por meio do coeficiente Alpha de Cronbach e o valor calculado é igual a 0,928 conforme ilustrado na Figura 119.

Figura 119 - Confiabilidade dos 6 indicadores da categoria avaliação ambiental de fornecedores

Estatísticas de confiabilidade		
Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach com base em itens padronizados	N de itens
,928	,930	6

Fonte: O autor (2023).

O nível de confiabilidade encontrado demonstra que a amostra apresenta uma excelente consistência dos dados coletados. Quanto à normalidade gaussiana, a distribuição dos índices de relevância para os indicadores dessa classe apresentou um comportamento assimétrico. A distribuição de relevância para cada um dos indicadores avaliados no questionário, para a categoria Avaliação Ambiental de Fornecedores, é apresentada no Quadro 50.

Quadro 50 - Distribuição da relevância dos indicadores indicados para a categoria avaliação ambiental de fornecedores

Indicadores Ambientais Propostos para Gestão Ambiental de Obras Aeroportuárias - Avaliação Ambiental de Fornecedores	Sem Relevância		Pouca Relevância		Neutro		Relevante		Muita Relevância		Mediana	Moda
	Frequência Absoluta	Proporção										
Número de fornecedores avaliados com relação aos impactos ambientais (Unid.)	1	0,9%	5	4,4%	8	7,1%	59	52,2%	40	35,4%	Relevante	Relevante
Números de fornecedores identificados como causadores de impactos ambientais negativos (Unid.)	1	0,9%	4	3,5%	8	7,1%	35	31,0%	65	57,5%	Muita Relevância	Muita Relevância
O fornecedor deve ser certificado com a ISO 14.000/2015	5	4,4%	3	2,7%	16	14,2%	56	49,6%	33	29,2%	Relevante	Relevante
Percentual de fornecedores identificados como causadores de impactos ambientais negativos com os quais foram acordadas melhorias como decorrência da avaliação realizada (%)	1	0,9%	7	6,2%	6	5,3%	47	41,6%	52	46,0%	Relevante	Muita Relevância
Percentual de fornecedores identificados como causadores de impactos ambientais negativos com os quais a organização encerrou as relações de negócios (%)	1	0,9%	6	5,5%	11	10,1%	40	36,7%	51	46,8%	Relevante	Muita Relevância
Percentual de novos fornecedores que foram selecionados com base em critérios ambientais (%)	3	2,7%	3	2,7%	5	4,4%	46	40,7%	56	49,6%	Relevante	Muita Relevância

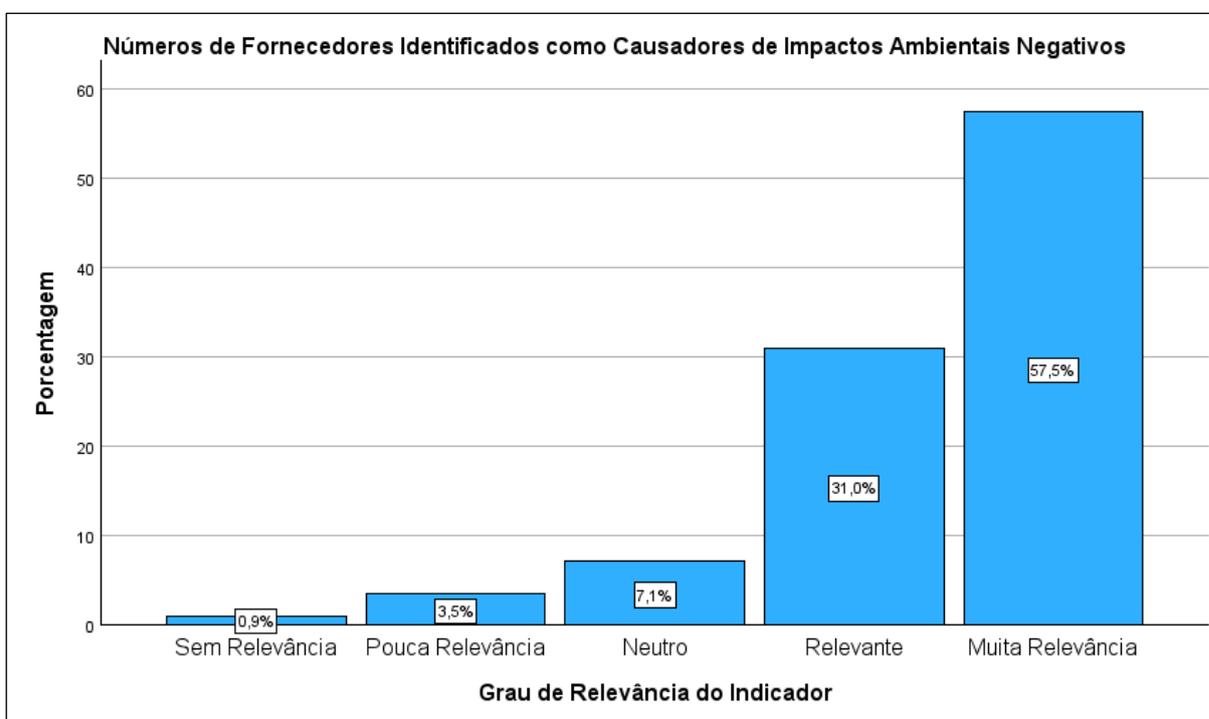
Fonte: O autor (2023).

Conforme dados disponibilizados no Quadro 50, 16,67% e 66,67% dos indicadores avaliados apresentaram, respectivamente, mediana e moda igual a Muita Relevância. O indicador Números de Fornecedores Identificados como Causadores de Impactos Ambientais Negativos foi o único dessa categoria que possui mediana e moda máxima (Muita Relevância) e se recomenda o seu monitoramento em uma obra de infraestrutura aeroportuária.

O grau de relevância do indicador Números de Fornecedores Identificados como Causadores de Impactos Ambientais Negativos foi respondido por 99,12% dos profissionais consultados e manifestou uma relevância acumulada (relevante e muita relevância) de 88,50%. Apesar de vivermos em uma época em que as empresas têm buscado cada vez mais caminhar alinhadas com as diretrizes de sustentabilidade e gestão ambiental, constatou-se que nenhuma das publicações consultadas mencionou algo que estivesse relacionado ao indicador proposto.

A Figura 120 apresenta a distribuição percentual do nível de relevância para o respectivo indicador.

Figura 120 - Distribuição da relevância do indicador números de fornecedores identificados como causadores de impactos ambientais negativos



Fonte: O autor (2023).

A mensuração do indicador Números de Fornecedores Identificados como Causadores de Impactos Ambientais Negativos é sugerida visto a importância do tema. Esse indicador apresenta ligação aos ODS 8, 12, 15 e 17, visto que o seu controle em uma obra de aeródromos

contribui para o crescimento econômico e sustentável. Favorece o incentivo de práticas mais sustentáveis nos canteiros de obras, auxilia na tomada de decisões para evitar a contratação de fornecedores que não se preocupam com o ecossistema terrestre e estimula o desenvolvimento de parcerias estratégicas entre as partes interessadas.

Recomenda-se que os administradores aeroportuários estabeleçam como pré-requisito a avaliação dos fornecedores de atividades e serviços intimamente ligados à construção de aeroportos. O empreendimento em estudo, condicionou a certificação NBR ISO 14.001 (ABNT, 2015) para a contratação direta de seus fornecedores, esse processo busca garantir que as intervenções das obras de ampliação e melhorias estejam atreladas às diretrizes da gestão ambiental conforme já evidenciado por Vieira *et al.* (2019). No caso da subcontratação de empresas e serviços, a administradora aeroportuária só permite após uma avaliação criteriosa da terceirizada.

4.4.8 Conformidade Ambiental

A busca pela conformidade ambiental é um aspecto de grande importância e essa prática ajuda a cumprir as metas dos ODS recomendados pela ONU (2015). Recomenda-se que esse elemento seja aferido por meio dos indicadores de sustentabilidade. A classe de indicadores relacionada a Conformidade Ambiental contou com 3 sugestões de indicadores ambientais de gestão ambiental de obras de aeroportos e a sua relevância foi verificada através da consulta de especialistas. Os respectivos indicadores foram listados no Quadro 51.

Quadro 51 - Indicadores ambientais para a classe conformidade ambiental

Proposta de Indicadores Ambientais para Gestão Ambiental de Obras Aeroportuárias - Conformidade Ambiental
Valor monetário total das multas ambientais (R\$)
Número total das sanções não monetárias dos desvios ambientais (Unid.)
Processos movidos por meio de mecanismos de arbitragem (Unid.)

Fonte: O autor (2023).

A análise das informações adquiridas para o grupo Conformidade Ambiental, averiguou-se que todos os indicadores propostos para a respectiva classe apresentaram algum tipo de relevância. Os dados mostram que 0,88% dos especialistas não contribuíram para indicar a relevância dos elementos consultados. A análise da confiabilidade das respostas dos 3 indicadores sugeridos foi apurada pelo índice Alpha de Cronbach e o valor resultante calculado

é de 0,905 e o mesmo é apresentado na Figura 121.

Figura 121 - Confiabilidade dos 3 indicadores da categoria conformidade ambiental

Estadísticas de confiabilidade		
Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach com base em itens padronizados	N de itens
,905	,908	3

Fonte: O autor (2023).

O nível de confiabilidade apresentado demonstra que a amostra exibe uma elevada robustez de consistência dos dados coletados. Quanto à normalidade gaussiana, a distribuição dos índices de relevância para os indicadores dessa classe apresentou um comportamento assimétrico. A relevância dos indicadores avaliados no questionário, para a categoria Conformidade Ambiental, é disponibilizada no Quadro 52.

Quadro 52 - Distribuição da relevância dos indicadores indicados para o conjunto conformidade ambiental

Indicadores Ambientais Propostos para Gestão Ambiental de Obras Aeroportuárias - Conformidade Ambiental	Sem Relevância		Pouco Relevante		Neutro		Relevante		Muita Relevância		Mediana	Moda
	Frequência Absoluta	Proporção										
Valor monetário total das multas ambientais (R\$)	1	0,9%	6	5,3%	8	7,1%	49	43,4%	49	43,4%	Relevante	Relevante ^(a)
Número total das sanções não monetárias dos desvios ambientais (Unid.)	1	0,9%	5	4,4%	9	8,0%	49	43,4%	49	43,4%	Relevante	Relevante ^(a)
Processos movidos por meio de mecanismos de arbitragem (Unid.)	2	1,8%	6	5,3%	12	10,6%	43	38,1%	50	44,2%	Relevante	Muita Relevância

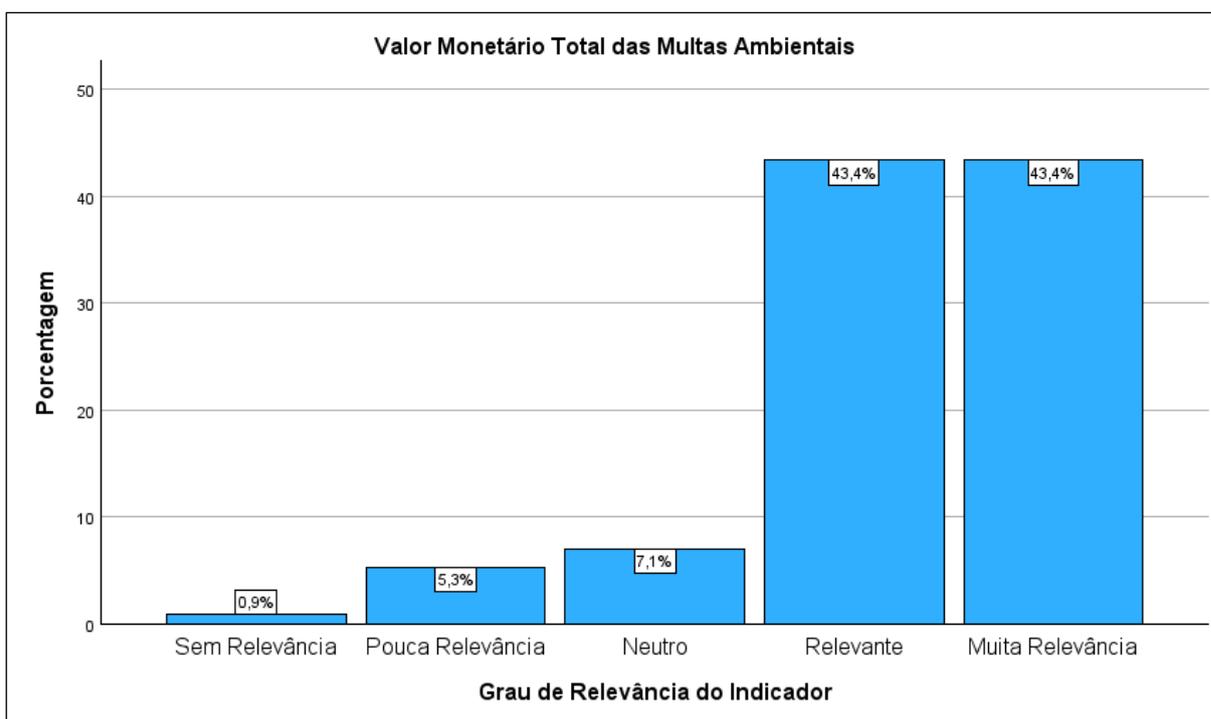
(a) Há mais que uma moda, o software IBM® SPSS Statistics 29.0 considera o menor valor.

Fonte: O autor (2023).

A partir do Quadro 52 é possível afirmar que 100,00% e 33,33% dos indicadores avaliados no grupo Conformidade Ambiental, apresentaram mediana e moda igual a Relevante e Muita Relevância respectivamente. Dentre os 3 indicadores sugeridos para a categoria em análise, propõem-se que aqueles que apresentaram, simultaneamente, as maiores medianas e modas entre todas as variáveis consultadas sejam monitorados ao longo de uma obra de aeroporto. Os indicadores Valor Monetário Total das Multas Ambientais e Número Total das Sanções não Monetárias dos Desvios Ambientais apresentaram mediana e moda máxima (Relevante) para a classe em análise.

O quantitativo de especialista que distingue o nível de relevância do indicador Valor Monetário Total das Multas Ambientais foi de 99,12% dos consultados. A relevância acumulada (relevante e muita relevância) para o respectivo indicador é igual a 86,73%. A Figura 122 apresenta a distribuição percentual do nível de relevância do indicador em apreciação.

Figura 122 - Distribuição da relevância do indicador valor monetário total das multas ambientais

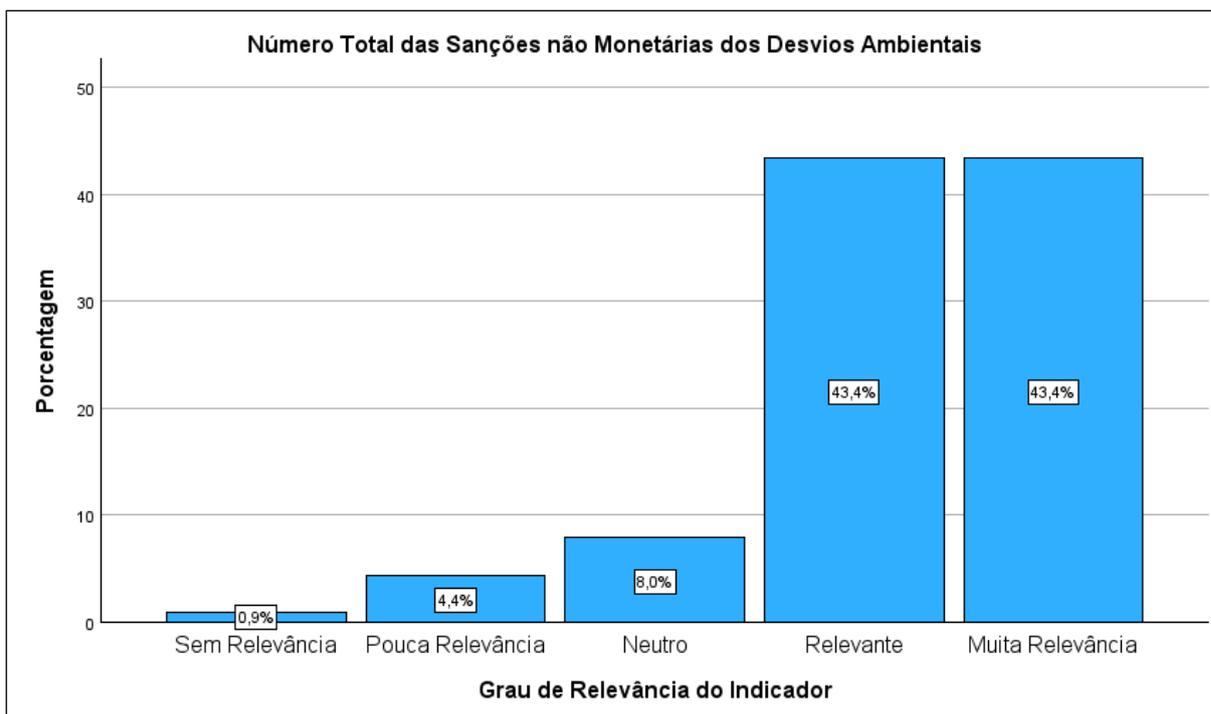


Fonte: O autor (2023).

O respectivo indicador possui relação direta com o ODS 12, visto que incentiva as organizações empresariais a desenvolverem a responsabilidade empresarial. Além disso, também motiva a gestão sustentável e o uso eficiente dos recursos naturais, bem como a gestão dos resíduos.

A relevância do indicador Número Total das Sanções não Monetárias dos Desvios Ambientais não foi mencionada por apenas 0,88% dos respondentes e apresentou uma relevância acumulada (relevante e muita relevância) de 86,73%. A Figura 123 ilustra a distribuição do grau de relevância do indicador em análise.

Figura 123 - Distribuição da relevância do indicador número total das sanções não monetárias dos desvios ambientais



Fonte: O autor (2023).

O respectivo indicador possui relação direta com os ODS 12 e 16, devido promover que as empresas desenvolvam a responsabilidade empresarial por meio da gestão sustentável, o uso eficiente dos recursos naturais e da gestão dos resíduos. Além de proporcionar um sistema legal e instituições fortalecidas e que cumprem as diretrizes ambientais.

Em relação à conformidade ambiental não foi observado em nenhum dos estudos analisados algum tipo de apontamento por parte dos autores. Chama a atenção que 66,66% dos indicadores dessa categoria se classificaram entre aqueles que são sugeridos a serem monitorados durante a execução de uma obra de aeroportos. Recomenda-se que maiores estudos sobre esse conjunto de indicadores sejam desenvolvidos de modo a evitar possíveis sanções por descumprimento dos regulamentos e obrigações legais no decorrer da execução de uma obra de infraestrutura aeroportuária.

A seguir é apresentada, no Quadro 53, a relação de indicadores propostos a serem

monitorados em durante uma obra aeroportuária.

Quadro 53 - Relação de indicadores propostos a serem monitorados em obras de aeroportos

Categoria	Indicadores Propostos para Gestão Ambiental de Obras Aeroportuárias	Unidade
Materiais	Controle de perdas de material por retrabalho	%
	Uso de material reaproveitado	Kg
	Uso de material reciclado	Kg
Energia	Consumo de energia elétrica	Kwh
	Desperdício de energia	Kwh
Combustíveis e derivados de petróleo	Consumo de combustível por retrabalho	L
	Consumo de óleo diesel	L
	Controle de perda de combustível por derramamento	%
	Controle de perda de combustível por equipamento ligado e parado - sem trabalhar	%
Águas e efluentes	Captação e consumo de água de chuva	L
	Captação e consumo de água de reuso	L
	Captação e consumo de água de superfície - rios, lagos e córregos	L
	Água de reaproveitamento da produção	L
	Geração e descarte de efluentes do canteiro de obras	L
	Descarte de efluentes dos sanitários químicos	L
	Desperdício de água	L
	Consumo de água para lavagem de betoneiras e caminhões betoneiras	L
Emissões de gases e materiais particulados	Emissão de dióxido de carbono - CO ₂	Mt CO ₂
	Redução de emissão de gases do efeito estufa	Mt CO ₂
Geração de resíduos sólidos	Concreto	Kg
	Embalagens de tintas e solventes	Unid.
	Plásticos e PVC	Kg
	Tintas e solventes	L
	Asfalto	Kg
	Derivados de borrachas	Kg
	Dispositivos eletrônicos	Kg
	Hospitalar	Kg
Avaliação ambiental de fornecedores	Números de fornecedores identificados como causadores de impactos ambientais negativos	Unid.
Conformidade ambiental	Valor monetário total das multas ambientais	R\$
	Número total das sanções não monetárias dos desvios ambientais	Unid.

Fonte: O autor (2023).

4.4.9 Análise das Questões Abertas

O questionário também apresentou algumas questões discursivas e a análise das mesmas é apresentada a seguir.

Q1 – Dentre os indicadores ambientais sinalizados anteriormente, quais você tem maior dificuldade de monitorar em uma obra de construção civil de aeroportos (indicar o número do indicador)? Por gentileza, justifique a sua resposta.

Com base nas respostas dos especialistas, foi identificado que há dificuldades significativas no monitoramento e mensuração de indicadores ambientais em obras de aeroporto. Os principais desafios mencionados incluem o descarte de materiais e resíduos, desperdício de água, emissões de gases e particulados, gestão de resíduos, rastreamento da cadeia de fornecedores e controle do desperdício de materiais. A gestão de resíduos foi destacada como um obstáculo significativo, especialmente a destinação adequada dos resíduos, segregação de materiais orgânicos e não orgânicos.

A avaliação ambiental de fornecedores também foi apontada como de grande dificuldade, devido à obtenção de informações confiáveis e controle das atividades de terceiros. Além disso, a identificação de fornecedores com base em critérios ambientais e a disponibilidade de informações sobre processos judiciais relacionados ao meio ambiente também foram mencionadas como questões desafiadoras.

Q2 – Caso você tenha percebido a ausência de algum indicador ambiental que considere importante ser monitorado durante a obra de um aeroporto, fineza informar o mesmo.

Com base nas respostas dos especialistas consultados, foi observado que eles mencionaram vários indicadores ambientais relacionados às dimensões social, governamental e de segurança operacional aeroportuária. Esses indicadores incluem o cumprimento da legislação ambiental, impactos sociais ocasionados por uma obra aeroportuária, credenciamento e restrições operacionais no interior de um aeródromo, monitoramento da qualidade do ar e impactos na biodiversidade. Essa variedade de indicadores percebidos e destacados pelos especialistas ressalta a importância de considerar uma ampla gama de indicadores ambientais e outras dimensões ambientais durante a execução de uma obra aeroportuária.

Q3 – Como os indicadores ambientais têm contribuído para a mitigação dos aspectos e impactos ambientais negativos da sua obra?

Após uma análise detalhada das respostas, foi observado que a maioria dos especialistas consultados concordam que os indicadores ambientais têm contribuído de forma positiva na mitigação dos impactos negativos causados por obras aeroportuárias. A conscientização ambiental dos trabalhadores foi destacada como um ponto importante, assim como a implementação de melhorias nos processos para redução de perdas de materiais e energia. Os indicadores também têm desempenhado um papel importante na tomada de decisões, especialmente no planejamento de ações preventivas e corretivas para lidar com os impactos adversos decorrentes de obras aeroportuárias.

Embora 33,33% dos especialistas não tenham respondido essa pergunta, algumas respostas enfatizaram a importância dos indicadores na gestão ambiental de empreendimentos aeroportuários, como o controle de poluentes e a seleção de materiais e métodos construtivos menos impactantes.

Q4 – Existe algum indicador ambiental que você não utiliza em sua obra que cogita a possibilidade de monitorar em um próximo empreendimento?

Após análise das respostas, verificou-se uma variedade de indicadores considerados relevantes e que se cogitam monitorar em uma próxima obra. Esses indicadores abrangem elementos como o consumo de recursos, emissões de gases, gestão de resíduos, qualidade do ar e treinamento na área ambiental. Outros indicadores mencionados incluem o tempo de deterioração de produtos descartados, controle de emissões fugitivas, parcerias para questões sustentáveis e a percepção dos confrontantes.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos na presente pesquisa, verificou-se que as obras de ampliação e remodelação do Aeroporto Internacional do Recife/Guararapes – Gilberto Freyre é um investimento de grande importância para o desenvolvimento do Brasil e interligação da cidade do Recife e de Pernambuco com o mundo. Uma vez que após o término do projeto a infraestrutura mínima necessária para atendimento da demanda de processamento de passageiros e cargas estará à disposição para todas as partes interessadas.

As intervenções para a ampliação do SBRF trata-se de uma obra de infraestrutura de utilidade pública e em termos técnicos, sociais, econômicos e ambientais. Após concluída, será de grande benefício para o desenvolvimento do turismo da cidade do Recife, do Estado de Pernambuco, do Nordeste e do Brasil.

Verificou-se que os impactos e aspectos ambientais mapeados ao longo do período de observação do respectivo empreendimento estão aderentes aos estudos de impactos ambientais desenvolvidos durante a fase de planejamento. Apresentando poucas variações, visto que os referentes estudos são mais conservadores por considerar as fases de operação e descontinuidade do empreendimento, que não é objeto desse trabalho.

Constatou-se que os impactos ambientais sobre os meios abióticos, bióticos e antrópicos se manifestam tanto na fase de planejamento como na de construção, sendo decorrentes das diversas atividades executadas durante essas etapas. Foi verificado que o inventário relativo aos aspectos e impactos ambientais tende a variar baseado na quantidade de horas dedicadas ao monitoramento e à sensibilidade ambiental do observador.

A identificação dos aspectos e impactos ambientais contribui com a mitigação dos impactos ambientais adversos. Foi verificado que os trabalhadores envolvidos no processo ainda carecem de uma maior conscientização ambiental, visto que o projeto investe em capacitação, sinalização e dispõem de coletores devidamente identificados para a segregação de resíduos e em algumas frentes de serviços, de maneira pontual, foi verificada uma separação inadequada. A presente pesquisa buscou contribuir com esse item por meio da realização de um diálogo de segurança que abordou a gestão ambiental e sustentabilidade na construção de aeroportos.

Foi identificado que, mesmo com todos os recursos mencionados acima, a variável ser humano ainda apresenta dificuldades quanto à segregação dos resíduos. Sugere-se uma ação governamental e socioambiental, como, a intensificação de conteúdo de gestão ambiental nas fases iniciais da educação infantil. Esse processo tem o objetivo de formar e preparar os futuros

cidadãos com maior racionalidade ambiental e é amparado pela PNRS (2010) que busca promover uma mudança comportamental da população e o engajamento do setor público.

Devido às intervenções de melhoria da infraestrutura aeroportuária ocorridas integralmente no interior dos limites patrimoniais do SBRF, verificou-se que após a avaliação dos impactos ambientais durante as fases de planejamento e construção a prevalência de impactos adversos moderados. O respectivo estudo propõe várias ações ambientais mitigadoras, que foram observadas no próprio empreendimento e que poderão ser aplicadas em futuros projetos de mesma tipologia, magnitude e complexidade técnica e ambiental.

Observou-se que os impactos ambientais na fase de construção de SBRF se comportaram de maneira mais agressiva ao se comparar com os identificados e avaliados para a fase de planejamento. Constatou-se que a principal razão para esse incremento, da importância do impacto, possui relação direta com a intensidade dos seus respectivos aspectos ambientais e processos construtivos. Destaca-se o grande volume de materiais consumidos, a uma maior demanda de energia necessária para a execução das atividades, da geração de resíduos sólidos e efluentes em larga escala e de uma superior emissão de gases e materiais particulados.

Foi possível perceber, por meio de uma análise quali quantitativa, que o impacto ambiental adverso que apresentou o maior valor, em módulo, para a importância do impacto foi o Aumento no Volume de Aterros de Resíduos. Destaca-se que esse respectivo se manifestou como o mais adverso simultaneamente para as fases de planejamento e construção. Recomenda-se uma maior promoção da conscientização junto a mão de obra envolvida para que se busque evitar e minimizar a geração de resíduos durante uma obra de aeroporto. Além disso, sugere-se que a administração pública incremente no programa escolar matérias de noções de gestão ambiental com o propósito de agenciar uma racionalização ambiental a respeito da importância da gestão adequada dos resíduos e os impactos benéficos que isso pode trazer para cada indivíduo sobre a adoção de hábitos mais sustentáveis.

Do mesmo modo, ao se analisar quali quantitativamente, o impacto ambiental benéfico Melhoria da Infraestrutura Aeroportuária Existente que apresentou o maior valor, em módulo, para a importância do impacto. Apesar do empreendimento em análise ainda não estar finalizado, já é perceptível os grandes benefícios que a obra tem proporcionado para uma operação mais segura do SBRF, como a implantação das RESAs em ambas as cabeceiras, da remoção dos obstáculos que existiam nas zonas de segurança e de todas as outras adequações normativas no *airside*. Além disso, a comunidade aeroportuária e os passageiros já usufruem de espaços mais modernos, com maior amplitude, conforto térmico no interior do TPS e do aumento da oferta de serviços como novos restaurantes, lojas, entre outros.

Verificou-se, até a data de corte (30/06/2023) da coleta dos dados, que o empreendimento atende a legislação ambiental vigente desde o processo de licenciamento ambiental. Destaca-se que não houve, por parte dos órgãos fiscalizadores, nenhuma manifestação de não conformidade nesse aspecto. Notou-se que a legislação ambiental vigorante facilitou a compreensão e entendimento da responsabilidade de cada agente envolvido (concessionária e empresas contratadas), durante a obra, para evitar e minimizar os danos ao meio ambiente e das ações necessárias para atendimento das diretrizes da gestão ambiental de obras aeroportuárias por cada *stakeholders*.

Foi verificado que o empreendimento sofreu atraso, em relação ao prazo inicialmente previsto, devido a necessidade de a atual gestora aeroportuária precisar realizar a legalização do complexo aeroportuário. Também foi preciso executar algumas intervenções emergenciais para o atendimento à legislação estadual de proteção a incêndio e pânico, visto que a INFRAERO não havia realizado essas etapas junto aos órgãos e instituições competentes.

Observou-se que parte das condicionantes ambientais já foram atendidas e evidenciadas junto aos órgãos fiscalizadores. Outras dependem do término das intervenções para acontecer a exemplo da ampliação da estação de tratamento de esgoto ou ainda estão em discussão junto aos órgãos competentes como a elaboração de um projeto específico para a compensação dos indivíduos arbóreos.

Outro elemento importante a ser considerado é que a atual administradora do SBRF fará, por meio das condicionantes ambientais, a revitalização da Praça do Aeroporto, assinada pelo renomado paisagista Burle Marx e tombada pelo IPHAN, após aprovação dos projetos junto às partes interessadas. Verificou-se que já foi iniciado o processo de proteção para posterior revitalização das pinturas, do artista Lula Cardoso Ayres, que se encontram em processo de tombamento conforme OPEI n° 89. Destaca-se que esses dois elementos de cunho patrimonial e cultural foram negligenciados ao longo dos anos pela administração pública em todas as esferas.

Dessa forma, diante de tudo que já foi exposto, verificou-se que o programa de concessão aeroportuária da ANAC é de caráter positivo. Não apenas por proporcionar melhores condições às infraestruturas aeroportuárias existentes, o que facilita as questões relacionadas à mobilidade, o estímulo da economia, da própria defesa do país, entre outros. Esse processo promove a regularização dos sítios aeroportuários junto aos órgãos competentes, atendendo as legislações ambientais e todos os regulamentos e normativas aeronáuticos em vigor para que o processamento de aeronaves, passageiros e cargas ocorram de maneira ágil e segura. Além disso, é possível afirmar que as concessões dos aeroportos brasileiros desempenham um papel

importante ao beneficiar a restauração da memória cultural e patrimonial local, através do atendimento de condicionantes ambientais.

Além dos pontos já esclarecidos acima, esse trabalho propõe o uso e acompanhamento permanente de 30 indicadores de gestão ambiental para obra aeroportuária, subdividido em 8 categorias. Os respectivos indicadores foram priorizados a partir da consulta a especialistas em gestão ambiental e da construção de aeroportos, por meio de uma listagem que continha 97 sugestões iniciais. Verificou-se, a partir das respostas dos profissionais, que todos os indicadores sugeridos apresentaram tendência de classificação relevante ou de muita relevância.

Observou-se que o indicador de maior relevância entre todos consultados está inserido na categoria materiais é Consumo de Óleo Diesel. A relevância acumulada para esse indicador é igual a 94,64%. O indicador Consumo de Energia Elétrica, pertencente ao grupo energia, apresentou-se como o segundo mais importante atingindo uma relevância acumulada de 94,59%. O terceiro mais relevante, com 92,86% de relevância acumulada, é o indicador Geração e Descarte de Efluentes do Canteiro de Obras e o mesmo é da série de águas e efluentes.

O quarto indicador de maior relevância está classificado na categoria de resíduos e é Embalagens de Tintas e Solventes e atingiu uma relevância acumulada de 92,04%. Para verificar as demais ordenações de indicadores propostos, consultar o produto educacional produzido pelo pesquisador. Observou-se que os indicadores propostos são ferramentas que convergem e contribuem para o atendimento de 12 ODS propostos pela ONU (2015), sendo eles os ODS 3, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16 e 17.

Considera-se que a respectiva pesquisa atingiu os seus objetivos e a partir das informações produzidas é possível afirmar que para atender as diretrizes da gestão ambiental durante a implementação de obras de infraestruturas aeroportuárias é preciso, pelo menos:

- Identificar os aspectos e impactos ambientais de obras aeroportuárias, propondo as respectivas medidas mitigadoras.
- Avaliar os impactos ambientais e sugerir ações mitigadoras para esses impactos.
- Cumprir a legislação ambiental vigente.
- Adotar um sistema de indicadores de gestão ambiental para essa tipologia de obra.

Diante do exposto, recomenda-se a continuidade desse estudo para as fases de operação e descontinuidade de um complexo aeroportuário, bem como a aplicação dos indicadores ambientais propostos em futuras obras desse segmento.

REFERÊNCIAS

AENA BRASIL. **Política de Sustentabilidade da Aeroportos do Nordeste do Brasil S.A. (Aena Brasil)**. Disponível em: <https://www.aenabrasil.com.br/pt/corporativo/meioambiente-sustentabilidade-atual.html>. Acesso em 23 jun. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (a). **Brasil transporta 7,3 milhões de passageiros em maio, recorde para o mês desde 2015**. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/noticias/2023/brasil-transporta-7-3-milhoes-de-passageiros-em-maio-recorde-para-o-mes-desde-2015>. Acesso em 23 de jun. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (a). **Demanda e oferta no mercado doméstico em 2021 tiveram recuo ante período pré-pandemia**. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/noticias/2022/demanda-e-oferta-no-mercado-domestico-em-2021-tiveram-recuo-ante-periodo-pre-pandemia>. Acesso em 28/ jan. 2022

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (b). **Movimentação de passageiros em 2022 alcança maior patamar desde o início da pandemia, consolidando recuperação do setor**. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/noticias/2023/movimentacao-de-passageiros-em-2022-alcanca-maior-patamar-desde-o-inicio-da-pandemia-consolidando-recuperacao-do-setor>. Acesso em 03 de jun. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (c). **Aeroportos Sustentáveis 2022**. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/meio-ambiente/aeroportos-sustentaveis/aeroportos-sustentaveis-2022>. Acesso em 14 de jul. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **7ª Rodada**. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/concessoes/andamento/setima-rodada>. Acesso em 03 jun. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Aeródromos Sustentáveis 2019**. Brasília, DF, 2020. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiMGMyM2RkMTktMDBkZi00MzhILTIkMTMtNWlyMmFjZDEwMzc1IiwidCI6ImI1NzQ4ZjZlLWI0YTQtNGIyYi1hYjJhLWVmOTUyMjM0DM2NiIsImMiOjR9>. Acesso em 09 mar. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Aeródromos Sustentáveis**. Brasília, DF, 2019. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/meio-ambiente/aerodromos-sustentaveis>. Acesso em 09 mar. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Anuário do Transporte Aéreo 2019**. Sumário Executivo. Brasília - DF, 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Anuário do Transporte Aéreo 2020**. Sumário Executivo. Brasília - DF, 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Anuário do Transporte Aéreo 2021**. Sumário Executivo. Brasília - DF, 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Contrato de Concessão nº 001/ANAC/2019 - Bloco Nordeste**. Brasília, DF, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/concessoes/aeroportos-concedidos/bloco-nordeste/documentos-relacionados/contrato-assinado/contrato-001-anac-2019.pdf/view>. Acesso em 09 mar. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental**. Brasília – DF, 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/concessoes/concessoes-aeroportuarias/evtea-5a-rodada>. Acesso em 09 jul. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Instrução Normativa nº 188, de 27 de março de 2023**. Brasília – DF, 2023. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/instrucoes-normativas/2023/instrucao-normativa-188>. Acesso em 23 jun. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Por dentro da Aviação – Aeroportos: entendendo como funciona o setor aéreo**. Brasília – DF, 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Regulamento brasileiro da aviação civil nº 154**. Projeto de Aeródromos, Emenda nº 07. Brasília - DF, 2021.

AGOPYAN, VAHAN; JOHN, VANDERLEY M. **O desafio da sustentabilidade na construção civil**. 1ª Edição, Editora Blucher, 3ª Reimpressão, 2016.

AIRHELP. **Airhelp Score 2022 - Rankings globais de aeroportos**. Disponível em: <https://www.airhelp.com/pt-br/airhelp-score/avaliacao-aeroportos/>. Acesso em 03 de mar. 2023.

AIRPORT COOPERATIVE RESEARCH PROGRAM. **Sustainable Airport Construction Practices – Report 42**. Federal Aviation Administration, Washington, 2011.

AIRPORTS COUNCIL INTERNATIONAL. **Recovering Sustainably: Why and How Airports Can Initiate, Maintain, or Enhance Their Sustainability Commitments**. 2021. Disponível em: <https://blog.aci.aero/recovering-sustainably-why-and-how-airports-can-initiate-maintain-or-enhance-their-sustainability-commitments/>. Acesso em 13 jan. 2023.

AIRPORTS COUNCIL INTERNATIONAL. **The impact of COVID-19 on airports-and the path to recovery**. 2022. Disponível em: <https://aci.aero/2022/10/06/the-impact-of-covid-19-on-airports-and-the-path-to-recovery/>. Acesso em 08 jan. 2023.

AIRPORTS COUNCIL INTERNATIONAL. **The impact of COVID-19 on airports-and the path to recovery**. 2023. Disponível em: <https://aci.aero/2023/02/22/the-impact-of-covid-19-on-airports-and-the-path-to-recovery-industry-outlook-for-2023/#:~:text=Outlook%20for%202023%20and%20beyond,rates%20are%20felt%20across%20economies>. Acesso em 03 jun. 2023.

AIRPORTS COUNCIL INTERNATIONAL. **World Airport Traffic Forecasts show global traffic is set to reach 19.7 billion by 2040**. 2019. Disponível em: <https://aci.aero/2019/10/29/aci-finds-airport-industry-in-a-high-wire-balancing-act-in->

meeting-demand/. Acesso em 08 mar. 2021.

AL KHEDER, SHARAF; AL KANDARI, DALAL; AL YATAMA, SARAH. Sustainable assessment criteria for airport runway material selection: a fuzzy analytical hierarchy approach. *Engineering, Construction and Architectural Management* Volume 29, Issue 8, pp. 3091 – 3113, 2022.

ALMEIDA, LIDIANE; COSTA, DAYANA BASTOS; ALBERTE, ELAINE PINTO VARELA. **Proposta de sistema de indicadores de desempenho para canteiros de obras sustentáveis**. Encontro Latino-Americano e Europeu sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis (Euro-ELECS 2017), São Leopoldo – RS, 2017.

ALMEIDA, MARIANA CARLA DE. **Análise da gestão do Aeroporto Brigadeiro Lysias Rodrigues em Palmas – TO com ênfase na conservação da fauna**. Tese de Doutorado – Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Palmas – Curso de Pós-Graduação (Doutorado) em Ciências do Ambiente. Palmas – TO, 2019.

ANSHEBO, MEKONNEN ABEBE; MENGESHA, WUBISHET JEKALE; SOKIDO, DANIEL LIREBO. **Selection of the Most Appropriate Sustainable Buildings Assessment Categories and Criteria for Developing Countries: Case of Ethiopia**. *Journal of Urban Planning and Development*, Volume 149, Issue 11, Article number 04022057, 2023.

ANTONIALLI, FABIO; ANTONIALLI, LUIZ MARCELO; ANTONIALLI, RENAN. **Usos e abusos da escala Likert: estudo bibliométrico nos anais do ENANPAD de 2010 a 2015**. Anais do Congresso de Administração, Sociedade e Inovação - CASI 2016, Juiz de Fora – MG, 2016.

ARAÚJO, VIVIANE MIRANDA. **Práticas recomendadas para a gestão mais sustentável de canteiros de obras**. Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica da USP – Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo – SP, 2009.

ARAÚJO, VIVIANE MIRANDA; CARDOSO, FRANCISCO FERREIRA. **Análise dos aspectos e impactos ambientais dos canteiros de obras e suas correlações**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP – Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo – SP, 2010.

ASHFORD, NORMAN J.; STANTON, H. P. MARTIN; MOORE, CLIFTON A.; COUTU, PIERRE; BEASLEY, JONH R. **Airport Operations**. 3th Edition – McGraw-Hill. New York, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos Brasil 2021**. São Paulo - SP, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 14.001 – Sistemas de gestão ambiental – Requisitos com orientações para uso**. Terceira Edição, Rio de Janeiro – RJ, 2015.

BAPTISTA JUNIOR, J. V. B.; ROMANEL, C. **Sustentabilidade na indústria da construção: uma logística para reciclagem dos resíduos de pequenas obras**. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 27-37, jul./dez. 2013. Disponível em:

https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S217533692013000200004&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 06 mar. 2021.

BARCELOS, ANGÉLICA MROZINSKI FRANÇOIS. **Indicadores de desempenho dos serviços aeroportuários brasileiros - período 2013 a 2016**. Dissertação de Mestrado – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Escola de Administração, Programa de Pós-Graduação em Administração. Porto Alegre – RS, 2018.

BAXTER, GLENN; SRISAENG, PANARAT; WILD; GRAHAM (a). **Sustainable airport waste management: The case of Kansai international airport**. *Recycling*, Volume 3, nº 2, Article Number 6, 2018.

BAXTER, GLENN; SRISAENG, PANARAT; WILD; GRAHAM. **An Assessment of Airport Sustainability, Part 2 – Energy Management at Copenhagen Airport**. *Resources*, Volume 7, nº 2, Article Number 32, 2018.

BELIZARIO-SILVA, F.; OLIVEIRA, L. S.; REIS, D. da C.; PATO, G. T. G.; MARINHO, A. C.; DEGANI, C.; CALDAS, L. R.; PUNHAGUI, K. R. G.; PACCA, S. A.; JOHN, V. **Sistema de Informação do Desempenho Ambiental da Construção: uma ferramenta para incorporar indicadores ambientais na construção civil brasileira**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022. Anais, p. 1–13, Porto Alegre – RS, 2022.

BORJA, LUÍS CLÁUDIO ALVES. **Desenvolvimento de um método quantitativo para previsão de aspectos ambientais gerados por canteiros de obras**. Tese de Doutorado – Universidade Federal da Bahia, Escola Politécnica, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial. Salvador – BA, 2019.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília – DF, 1988.

BRASIL. **Decreto nº 11.043, de 13 de abril de 2022**. Aprova o Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: <https://in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-11.043-de-13-de-abril-de-2022-393566799>. Acesso em 07 nov. 2022.

BRASIL. **Decreto nº 11.044, de 13 de abril de 2022**. Institui o Certificado de Crédito de Reciclagem - Recicla+. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-11.044-de-13-de-abril-de-2022-393553968>. Acesso em 07 nov. 2022.

BRASIL. Decreto nº 6.514, de 22 de julho de 2008. Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/d6514.htm. Acesso em 17 nov. 2022.

BRASIL. **Decreto nº 6.780, de 18 de fevereiro de 2009**. Aprova a Política Nacional de Aviação Civil (PNAC) e dá outras providências, 2009. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/decreto/d6780.htm. Acesso em 30 set. 2021.

BRASIL. **Decreto nº 7.531, de 21 de julho de 2011**. Dispõe sobre a inclusão no Programa

Nacional de Desestatização - PND dos Aeroportos Internacionais Governador André Franco Montoro e Viracopos, no Estado de São Paulo, e Presidente Juscelino Kubitschek, no Distrito Federal, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/decreto/D7531.htm. Acesso em 04 nov. 2022.

BRASIL. **Decreto nº 9.180, de 24 de outubro de 2017**. Dispõe sobre a inclusão de empreendimentos públicos federais do setor aeroportuário no Programa Nacional de Desestatização e sobre sua qualificação no âmbito do Programa de Parcerias de Investimentos da Presidência da República, 2017. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/D9180.htm. Acesso em 03 mar. 2021.

BRASIL. **Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022**. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/decreto-n-10.936-de-12-de-janeiro-de-2022-373573578>. Acesso em 17 jan. 2023.

BRASIL. **Lei Complementar nº 140, de 8 de dezembro de 2011**. Fixa normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do caput e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal, para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora; e altera a Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp140.htm. Acesso em 30 de jun. 2022.

BRASIL. **Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001**. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/LEIS_2001/L10257.htm. Acesso em 30 jan. 2022.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em 15 fev. 2022.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm. Acesso em 06 jul. 2022.

BRASIL. **Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981**. Dispõe sobre a criação de Estações Ecológicas, Áreas de Proteção Ambiental e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6902.htm. Acesso em 03 ago. 2022.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em 20 dez. 2021.

BRASIL. **Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998**. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9605.htm. Acesso em 30 jan. 2022.

BRASIL. **Lei nº 10.361, de 27 de dezembro de 2001**. Denomina "Aeroporto Internacional do Recife/Guararapes – Gilberto Freyre" o Aeroporto localizado na cidade do Recife, Estado de Pernambuco. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110361.htm. Acesso em 30 ago. 2021.

BRASIL. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Qualidade Ambiental. Brasília – DF, 2022.

BROGGIO, LUCAS; SERRA, SHEYLA MARA BAPTISTA. **Levantamento e análise de indicadores de sustentabilidade ambiental na construção civil**. IX Simpósio de Engenharia de Produção, Caruaru – PE, 2021.

BROWN, J. D. **Likert items and scales of measurement?** Shiken: Jalt Testing & Evaluating SIG Newsletter, v.15, n.1, p.10-14, 2011.

BRUNNER, A.. **Zürich airport extension project: Digital support for earthwork construction**. Lecture Notes in Computer Science, 2181, p. 1, 2001.

BRUVO, J. V.. **The airports in function of sustainable development of the Croatian islands**. Hrvatski Geografski Glasnik, 60, p. 49-58, 1998.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Construção Civil confirma expectativas e cresce forte pelo segundo ano**. Brasília – DF, 2023. Disponível em: <https://cbic.org.br/construcao-civil-confirma-expectativas-e-cresce-forte-pelo-segundo-ano/>. Acesso em 04 abr. 2023.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL. **EGS no segmento de obras e indústrias**. Brasília – DF, 2022. Disponível em: https://cbic.org.br/cbic/wp-content/uploads/2022/01/cartilha_ESG_PARA-SITE.pdf. Acesso em 05 nov. 2022.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Panorama Geral da Construção Civil no Brasil**. Economia – CBIC, novembro, 2022. Disponível em: <https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2022/11/panorama-construcao-nov-2022-3.pdf>. Acesso em 05 nov. 2022.

CANGUSSU, N.; SILVA, E.; BORGES, R.; MAIA, L. **Fine Aggregates of CDW: Feasibility of Its Application in the Manufacture of Mortars for Laying**. Environmental Restoration. F-EIR 2021. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 232. Springer, 2022.

CARNEIRO, ANA RITA SÁ; CASTEL-BRANCO, CRISTINA; SILVA, JOELMIR MARQUES DA. **Burle Marx no Recife: Restauro do jardim do aeroporto dos Guararapes como bem patrimonial**. Paisagem e Ambiente: Ensaio, nº 37, p. 53-71, São Paulo – SP, 2016.

CARVALHO, MICHELE TEREZA MARQUES; CALDAS, LUCAS ROSSE; SPOSTO, ROSA MARIA. **Avaliação da Sustentabilidade de Habitações de Interesse Social a Partir da Especificação de Materiais e Elementos de Edificação**. Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade. Volume 9, nº 1, p. 1-25, São Paulo – SP, 2020.

CASAGRANDE, T. OLANTE. **Análise Comparativa dos Terminais Aeroportuários Certificados Leed, como Referência para Aeroportos Públicos Brasileiros**. Aspectos Ambientais em Aeroportos (Ano 2017/2018). Superintendência de Meio Ambiente, DFMA, Brasília, DF, 2018.

CASTRO, MARIA DEL ROSÁRIO. **Impacto ambiental da instalação de aeroportos**. Dissertação de Mestrado – Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, Departamento de Saúde Ambiental. São Paulo – SP, 1979.

CAVES, ROBERT E.; GOSLING, GEOFFREY D. **Strategic airport planning**. Pergamon, Amsterdam, 1999.

CENTRO DE GERENCIAMENTO DA NAVEGAÇÃO AÉREA. **Anuário Estatístico de Tráfego Aéreo 2022**. Departamento do Controle do Espaço Aéreo. Rio de Janeiro – RJ, 2023.

CHICAGO DEPARTMENT OF AVIATION. Sustainable Airport Manual. Chicago, 2020.

Disponível em:

<https://www.flychicago.com/community/environment/sam/Pages/default.aspx>. Acesso em 10 ago. 2022.

CHOURASIA, AVIN S.; JHA, KARUNAKAR; DALEI, NARENDRA N.. **Development and planning of sustainable airports**. *Journal of Public Affairs*, Volume 21, Issue. 1, 2021.

CIPPONERI, MARCOS. **Evaluación y Estudio de Impacto Ambiental**. Versión 3.

Universidad Nacional de La Plata. 2019. Disponível em:

http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/88480/Documento_completo.pdf?sequence=1. Acesso em 18 jun. 2023.

COELHO, ALEXANDRE HERING. **Aeroportos**. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Civil. Florianópolis – SC, 2021. Apostila.

CONESA, V. **Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental**. 4. ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2010.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 01, de 23 de janeiro de 1986**. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997**. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 371, de 05 de abril de 2006.** Estabelece diretrizes aos órgãos ambientais para o cálculo, cobrança, aplicação, aprovação e controle de gastos de recursos advindos de compensação ambiental, conforme a Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza-SNUC e dá outras providências.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 469, de 29 de julho de 2015.** Altera a Resolução CONAMA n 307, de 05 de julho de 2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 470, de 27 de agosto de 2015.** Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental dos aeroportos regionais.

COSTA, DAYANA BASTOS; ÁLVARES, JULIANA SAMPAIO; SILVA, MARCOS BRANDÃO; SANTOS, VIVIA ANDRADE DOS. **Estudo de valores de referência para os indicadores do PBQP-H voltados à sustentabilidade de canteiros de obra.** XVII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, v. 17 n. 1, Foz do Iguaçu – PR, 2018.

COSTA, MÔNICA ANTONIZIA DE SALES; COSTA, MONILSON DE SALES; COSTA, MARIA MONIZIA DE SALES; LIRA, MARCOS ANTÔNIO TAVARES. **Impactos Socioeconômicos, Ambientais e Tecnológicos Causados pela Instalação dos Parques Eólicos no Ceará.** Revista Brasileira de Meteorologia, volume 34, nº 3, p. 399-411, 2019.

CRONBACH, LEE J. *Coefficient alpha and the internal structure of tests.* *Psychometrika*, 16(3), p. 297-334, 1951.

CUELLAR, BILMA ADELA FLORIDO. **Evaluación del impacto ambiental en la construcción de la doble calzada girardot-ibagué sobre la avifauna en el municipio de Ibagué – Tolima.** Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, Maestría en Gestión Ambiental, Bogotá, Colombia, 2015.

DEGANI, CLARISSE MENEZES. **Sistemas de gestão ambiental em empresas construtoras de edifícios.** Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo – SP, 2003.
DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO BRASILEIRO. **Aviação comercial internacional apresenta maior recuperação desde a pandemia.** Disponível em: https://www.decea.mil.br/?i=midia-e-informacao&p=pg_noticia&materia=aviacao-comercial-internacional-apresenta-maior-recuperacao-desde-a-pandemia. Acesso em: 03 de jun. 2023.

DUTRA, MARIA TEREZA DUARTE. **Desenvolvimento de um índice de sustentabilidade hidroambiental em bacia hidrográfica: o caso da bacia do rio Capibaribe, Pernambuco.** Tese de Doutorado – Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação Engenharia Civil, Recife – PE, 2017.

EDWARDS, BRIAN. **The Modern Airport Terminal: New approaches to airport architecture.** Second Edition. ed. Londres e Nova York, Spon Press, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE INFRAESTRUTURA AERONÁUTICA. **Política Ambiental.**

Brasília, DF, 2018.

FALCÃO, SYMONE MARIA PANCRACIO; EL-DEIR, SORAYA GIOVANETTI; HOLANDA, ROMILDO MORANT DE. **Políticas para construções sustentáveis mediante a questão da habitação no Brasil**. Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade. Volume 11, nº 1, p. 1-22, São Paulo – SP, 2022.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. **Aviation Emissions, Impacts & Mitigation: A Primer**. Office of Environment and Energy. 2015.

FERNANDES, L.; ROCHA, M.; COSTA, D. **Uso do clustering para análise do impacto do sistema construtivo no consumo de água, consumo de energia e geração de resíduos de canteiro de obras**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020. Anais, p. 1–8, Porto Alegre – RS, 2020.

FERREIRA, JOSÉ FERNANDO DE CARVALHO. **Indicadores de sustentabilidade nas empresas de construção civil**. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal, 2016.

FOGLI, FERNANDO SÉRGIO. **Planos de gerenciamento da construção civil e atenuação de impactos ambientais em canteiros de obra**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Florianópolis – SC, 2016.

FORTNEY, EVAN M.; Schuldt, Steven J.; Brown, Sarah L.; ALLEN, JAMES P.; DELORIT, JUSTIN D.. **A Statistical Principal Component Regression-Based Approach to Modeling the Degradative Effects of Local Climate and Traffic on Airfield Pavement Performance**. Journal of Transportation Engineering Part B: Pavements, Volume 148, Issue 21, Article number 04022018, 2022.

FREITAS FILHO, JURANDIR SILVA DE. **Análise de problemas de drenagem da bacia do rio Tejió com o uso de modelos computacionais**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Recife – PE, 2011.

FREITAS, ANDRÉ LUÍS POLICANI; RODRIGUES, SIDILENE GONÇALVES. **A avaliação da confiabilidade de questionários: uma análise utilizando o coeficiente alfa de Cronbach**. XII Simpósio de Engenharia de Produção, Bauru – SP, 2005.

FROUFE, M. M.; MELLO, L. C. B. de B.; SOARES, C. A. P. **Indicadores de sustentabilidade em canteiros de obras, segundo o PBQP-h**. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, PR, v. 6, n. 3, p. 10149-10163, mar. 2020.

GASQUES, ANA CARLA FERNANDES; OKAWA, CRISTHIANE MICHIKO PASSOS; NETO, GENEROSO DE ANGELIS; MIOTTO, JOSÉ LUIZ; CASTRO, TAINARA RIGOTTI. **Impactos ambientais dos materiais da construção civil: breve revisão teórica**. Revista Tecnológica, vol. 23, p. 13-24, Maringá – PR, 2014.

GIL, ANTONIO CARLOS. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. – São Paulo: Atlas, 2017.

GIUSTOZZI, F.; TORALDO, E.; CRISPINO, M.. **Recycled airport pavements for achieving environmental sustainability: An Italian case study**. Resources, Conservation and Recycling, 68, p. 67-75, 2012.

GOMES, D. L. B.; MAGALHÃES, V. B DE SÁ. **Análise de aspectos e impactos ambientais causados pela construção civil**. Anais III CONAPESC. Campina Grande: Realize Editora, 2018.

GOMES, VANESSA. **Por que usar indicadores de sustentabilidade na construção?** Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/por-que-usar-indicadores-de-sustentabilidade-na-construcao/5423>. Acesso em: 06 dez. 2021.

GÓMEZ-NAVARRO, T.; GARCÍA-MELÓN, M.; ACUÑA-DUTRA, S.; DÍAZ-MARTÍN, D.. **An environmental pressure index proposal for urban development planning based on the analytic network process**. Environmental Impact Assessment Review, 29(5), p. 319-329, 2009.

GONÇALVES DA SILVA, MARCOS PAULO; ALVES DA CUNHA, DANIEL; BERTUSSI, GEOVANA. **Reflexos da política de concessão dos aeroportos brasileiros na segurança operacional**. Revista do Serviço Público, [S. l.], v. 73, n. 2, p. 315-338, 2022. Disponível em: <https://revista.enap.gov.br/index.php/RSP/article/view/5453>. Acesso em: 4 nov. 2022.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL. **Como as construções sustentáveis contribuem para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU?**. Disponível em: <https://www.gbcbrazil.org.br/como-as-construcoes-sustentaveis-contribuem-para-os-objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-da-onu/>. Acesso em 25 out. 2021.

GREER, FIONA; HORVATH, ARPAD; RAKAS, JASENKA. **Life-Cycle Approach to Healthy Airport Terminal Buildings: Spatial-Temporal Analysis of Mitigation Strategies for Addressing the Pollutants that Affect Climate Change and Human Health**. Transportation Research Record, Volume 2677, Issue 1, p. 797-813, 2023.

GREER, FIONA; RAKAS, JASENKA; HORVATH, ARPAD. **Airports and environmental sustainability: a comprehensive review**. Environmental Research Letters 15 (10), 103007, 2020.

GUEVARA, MOISÉS OTONIEL IDROGO; BURGOS, DEMETRIO MARTÍN ALVAREZ. **Comparación de dos metodologías de estudio de impacto ambiental en el mejoramiento y ampliación del sistema de agua potable y desague del caserío Luceropata, Distrito de Longar - Rodríguez de Mendoza – Amazonas**. Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Chachapoyas, Peru, 2019.

HALVORSEN, EIRIK OSKARI; ANDERSSON, HENRIK. **Optimizing environmental and economic aspects of collaborative transportation and logistics related to infrastructure projects – A case study from Norway**. Waste Management, Volume 156, Pages 159-167, 2023.

HORONJEFF, ROBERT; MCKELVEY, FRANCIS X.; SPROULE, WILLIAM J.; YOUNG,

SETH B. **Planning and Design of Airports**. 5th Edition – McGraw-Hill. New York, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Anual da Indústria da Construção 2020**. Disponível em:

https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/54/paic_2020_v30_informativo.pdf. Acesso em 05 nov. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Portaria nº PR-197, de 21 de março de 2023**. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-pr-197-de-21-de-marco-de-2023-472727441>. Acesso em 12 jun. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Instrução normativa nº 21, de 24 de dezembro de 2014**. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/phocadownload/dof/legislacao/IN-IBAMA-21-24.12.2014-Sinaflor.pdf>. Acesso em 07 nov. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Protocolo de Montreal**. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/emissoes/camada-de-ozonio/protocolo-de-montreal>. Acesso em 23 ago. 2022.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (a). **Sustentabilidade ambiental no Brasil: biodiversidade, economia e bem-estar humano**. Série Eixos Estratégicos do Desenvolvimento Brasileiro; Sustentabilidade Ambiental; Livro. Brasília, 2010.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Panorama e Perspectivas para o Transporte Aéreo no Brasil e no Mundo**. Comunicados do IPEA nº 54 – Série Eixos do Desenvolvimento Brasileiro. 2010.

INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION (a). **Airport Development Reference Manual**. 11th Edition, Effective March, 2019.

INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION. **Annual Review 2020**. 76th Annual General Meeting. Amsterdam, 2020.

INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION. **O Valor do Transporte Aéreo no Brasil**. Disponível em:

<https://www.iata.org/contentassets/bc041f5b6b96476a80db109f220f8904/brazil-o-valor-do-transporte-aereo.pdf>. Acesso em 08 mar. 2021.

INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION. **The distribution of air travel across regions changed in 2021**. Disponível em: <https://www.iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/air-passenger-monthly-analysis---december-2021/>. Acesso em 28 jan. 2022.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. **Doc 9157: Aerodrome Design Manual - Part 1 - Runways**. Third Edition, Montreal, 2006.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. **Doc 9157: Aerodrome Design Manual - Part 2 - Taxiways, Aprons and Holding Bays**. Fourth Edition, Montreal, 2005.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. **The Eco Design of Airport Buildings**. 2019.

JENKINS, BRAYAN ROBERT. **Outcome-based management for sustainability**. Impact Assessment and Project Appraisal, Volume 38, Issue 4, P. 287 – 298, 2020.

KIM, HYUNJUNG; SON, JIYOON. **Analyzing the Environmental Efficiency of Global Airlines by Continent for Sustainability**. Sustainability 13, nº 3, Article Number 1571, 2021.

KIM, MIJU; LEE, SANGKWON; OH, CHI-OK. **Assessing Tradeoffs between Development and Conservation: A Case of Land Use Change in a National Park of Korea**. Land, Volume 10, Issue 2, Article Number 152, p. 1-16, 2021.

LENZEN, M.; MURRAY, S. A.; KORTE, B.; DEY, C. J.. **Environmental impact assessment including indirect effects - A case study using input-output analysis**. Environmental Impact Assessment Review 23(3), p. 263-282, 2003.

LIMA, LÍVIA DE OLIVEIRA; PEREIRA, ANA LÚCIA FEITOZA FREIRE; MACHADO, ANA PRISCILA DE ARAÚJO; SIQUEIRA, BRENO PONTE; LUCENA, CLARISSE MARIA LIMA. **Identificação de aspectos e impactos ambientais na construção de uma escola de tempo integral, localizada na cidade de Sobral-CE**. Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Campina Grande – PB, 2016.

MACHADO, BERNARDO VIANA ZURLI; INGOUVILLE, MARTIN; DAMASCENO, THIAGO MACHADO; SALLES, DANIEL CARDOSO DE; ALBURQUERQUE, CLARISSA TAQUETTE VAZ. **A evolução recente do modelo de concessão aeroportuária sob a ótica da financiabilidade**. Revista BNDES Setorial, v. 25, n. 50. Rio de Janeiro – RJ, 2019.

MACIEL, JUSSARA SOCORRO CURY. **Alternativas sustentáveis de gestão ambiental na construção civil em Manaus**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Amazonas – Centro de Ciências do Ambiente. Manaus – AM, 2003.

MACIEL, MARCO AURÉLIO DINIZ; ANDREAZZI, MÁRCIA APARECIDA; JUNIOR, CARLOS BARROS; LIZAMA, MARIA DE LOS ANGELES PEREZ; GONÇALVES, JOSÉ EDUARDO. **Emissões de Gases de Efeito Estufa na Construção Civil**. Revista da Universidade Vale do Rio Verde, Volume 16, número 1, p.1-11, 2018.

MAEDA, M.. **The Kansai International Airport project and environmental impact assessment**. Marine Pollution Bulletin, 23(C), p. 349-353, 1991.

MAGALHÃES, RUANE FERNANDES DE. **Minimização de resíduos de construção civil em projetos de infraestrutura urbana: mecanismos de apoio à tomada de decisão projetual**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS, 2017.

MANJIA, M. B.; ABANDA, H. F.; PETTANG, C. **A Contribution to the Sustainable Construction Indicators Evaluation in Developing Countries: The Case of Cameroon**. In: Adjallah, K.; Birregah, B.; Abanda, H. (Eds.) Data-Driven Modeling for Sustainable

Engineering. ICEASSM 2017. Springer, Cham, 2020. p. 159-173.

MARQUES FILHO, GILBERTO RODRIGUES; VIEIRA, ALLAN SARMENTO, NETO, JOSÉ ABRANTES DE SÁ; MENDES, SHEYLLA MARIA; FONTGALLAND, ISABEL, LAUSANNE. **Determinação do desempenho ambiental nas indústrias da construção civil na cidade de Sousa – PB.** Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, vol. 10, n° 4, p. 280-297, 2021.

MARTINÉZ, LIVEN FERNANDO; TORO, JAVIER; LEÓN, CARMELO J.. **A complex network approach to environmental impact assessment.** Impact Assessment and Project Appraisal, vol. 35, n° 5, p. 407-420, 2019.

MARTINS, BIANCA BELISA SILVA. **Gerenciamento de resíduos de construção e demolição: proposta de RCD Social para Recife - Pernambuco.** Dissertação de Mestrado – Coordenação de Pós-Graduação - Mestrado Profissional em Gestão Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Recife, 2022.

MELO, S. F. S. **Gestão de Impactos Ambientais na Construção Civil: Práticas e Desafios entre Obras de Infraestrutura e Edificações.** VIII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. Campo Grande, MS, 2017.

MINFRA. **Corredores Logísticos Estratégicos. Volume V – Transporte de Passageiros.** Brasília, DF, 2020. Disponível em: https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/centrais-de-conteudo/relatorio_cle___passageiros___v28___passageiros.pdf. Acesso em: 07 mar. 2021.

MINFRA. **Manual de Projetos Aeroportuários.** Secretaria Nacional de Aviação Civil, 1ª Edição, Brasília – DF, 2021.

MINISTÉRIO DA DEFESA. **Portaria DECEA n° 23/ICA, de 14 de julho de 2015.** Aprova o Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromo (PBZPA) e o Plano de Zona de Proteção de Auxílios à Navegação Aérea (PZPANA) para o Aeroporto Guararapes – Gilberto Freyre (SBRF) e dá outras providências.

MINISTÉRIO DA DEFESA. **Portaria n 1.424/GC3, de 14 de dezembro de 2020.** Aprova a edição da ICA 11-408 - Restrições aos objetos projetados no espaço aéreo que possam afetar adversamente a segurança ou a regularidade das operações aéreas.

MINISTÉRIO DA DEFESA. **Portaria n° 957/GC3, de 9 de julho de 2015.** Dispõe sobre as restrições aos objetos projetados no espaço aéreo que possam afetar adversamente a segurança ou a regularidade das operações aéreas, e dá outras providências.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL. **SIDAC - Sistema de Informação do Desempenho Ambiental da Construção.** Versão 1.0.0. São Paulo: MME; CBCS, 2022

MINISTÉRIO DE PORTOS E AEROPORTOS. **Hórus Gerencial – Módulo de Informações Gerenciais.** Disponível em: <https://horus.labtrans.ufsc.br/gerencial/?auth=s#Movimentacao/Evolucao>. Acesso em: 28 mai. 2023.

MINISTÉRIO DO TURISMO. **Aeroporto de Recife passará por ampliação e reforma.** Disponível em: <https://www.gov.br/turismo/pt-br/assuntos/noticias/aeroporto-de-recife-passara-por-ampliacao-e-reforma>. Acesso em 16 jun. 2023.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, PORTOS E AVIAÇÃO CIVIL. **Plano Aeroviário Nacional.** Secretaria Nacional de Aviação Civil – Departamento de Planejamento e Gestão Aeroportuária. Brasília – DF, 2018.

MINISTÉRIO MEIO AMBIENTE. **Indicadores.** Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/planejamento-ambiental-e-territorial-urbano/indicadores.html>. Acesso em: 15 jul. 2023.

MIYAZAKI, K.; CHEN, G.; KUDAMATSU, J.; SUGIMOTO, TAKETOSHID; YAMAMOTO, F.; HORH, K. **High-efficiency soil transportation with spiral airflow.** Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, 42(137), p. 105-11, 1999.

MONTECUBIO, C.; ANDRIOTIS, K.; RODRÍGUEZ-MUÑOZ, G.. **Residents' perceptions of airport construction impacts: A negativity bias approach.** Tourism Management, 77, 103983, 2020.

MULLER, MARINA FIGUEIREDO; ESMANIOTO, FILIPE; HUBER, NATAN; LOURES, EDUARDO ROCHA; CANGIOLIERI, OSIRIS. **A systematic literature review of interoperability in the green Building Information Modeling lifecycle.** Journal of Cleaner Production, Volume 223, p. 397 – 412, 2019.

NACIMENTO, DANIEL RODRIGUES DO. **Ferramenta para avaliação de maturidade dos projetos básicos ambientais (PBAs) de obras industriais e de infraestruturas.** Dissertação de Mestrado, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco - IFPE, Campus Recife, Coordenação de Pós-Graduação - Mestrado Profissional em Gestão Ambiental, Recife – PE, 2016.

NETO, CARLOS ALVARES DA SILVA CAMPOS; SOUZA, FREDERICO HARTMANN DE. **Aeroportos no Brasil: investimentos recentes, perspectivas e preocupações.** Nota Técnica, nº 5, Diretoria de Estudos Setoriais, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Brasília – DF, 2011.

NOVIS, LUIZ EDUARDO MORAES. **Estudo de indicadores ambientais na construção civil – Estudo de Caso em 4 Construtoras.** Escola Politécnica, Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – RJ, 2014.

OLIVEIRA, LUCIANA ALVES DE; CLETO, FABIANA DA ROCHA; AZEVEDO, ANDRÉ DELFINO; SILVA, LUIZ FERNANDO BATISTA DA; FILHO, CLÁUDIO VICENTE MITIDIERI; THOMAZ, ÉRICO. **Indicadores ambientais em canteiros de obra: um estudo de caso.** Revista IPT, vol. 1, número 1, São Paulo – SP, 2016.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Os objetivos para o desenvolvimento sustentável.** 2015.

PAIVA, I.D. **Concessão de aeroportos no Brasil: a transferência da gestão do Aeroporto**

de Confins para a iniciativa privada. Dissertação de Mestrado em Gestão Pública e Sociedade. Universidade Federal de Alfenas. Varginha, MG, 2015.

PERNAMBUCO. **Plano de resíduos sólidos: Região de Desenvolvimento Metropolitana de Pernambuco – RDM/PE.** Secretaria das Cidades, 2 Edição, Recife – PE, 2018.

PHILIPPI JUNIOR, ARLINDO; MALHEIROS, TADEU FABRÍCIO. **Indicadores de Sustentabilidade e Gestão Ambiental.** Editora Manole Ltda, Barueri – SP, 2013.

PÖTTER, KARIN. **Contribuições para um método de avaliação de impacto de empreendimentos habitacionais sobre as áreas verdes urbanas: um estudo de caso do programa minha casa minha vida, em Cachoeirinha – RS.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Arquitetura, Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional, Porto Alegre – RS, 2016.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. *Construction Extension to the PMBOK Guide.* Pennsylvania, Estados Unidos da América, 2016.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. *Make Sustainable Construction Reality.* Disponível em: <https://www.pmi.org/make-reality/stories/make-sustainable-construction-reality>. Acesso em: 24 out. 2021.

RAVIZZA, S.; ATKIN, J.A.D.; BURKE, E.K.. **A more realistic approach for airport ground movement optimisation with stand holding.** Journal of Scheduling, 17(5), p. 507-520, 2014.

RECIFE. **Declaração da COMPESA atestando a viabilidade da ligação ou comprovante da efetivação da ligação do imóvel à rede pública de abastecimento de água.** Disponível em: <https://bpm.recife.pe.gov.br/agiles/file/temporary?pk=9-xlehlzl3a5d67z3j4>. Acesso em: 16 jun. 2023.

RECIFE. **Decreto n° 27.529, de 15 de janeiro de 2013.** Orientação Prévia para Empreendimento de Impacto.

RECIFE. **Decreto n° 35.608, de 28 de março de 2022.** Regulamenta o Licenciamento Ambiental no Âmbito do Município do Recife, Define Procedimentos para Análise das Licenças e Autorizações. Revoga o Decreto n° 24.540 de 2009.

RECIFE. **Lei 18.338, de 15 de dezembro de 2017.** Dispõe sobre as condições de uso e ocupação do solo na zona especial do aeroporto - ZEA e revoga a Lei N° 16.414/98.

RECIFE. **Lei 18.770, de 10 de dezembro de 2020.** Plano Diretor Municipal.

RECIFE. **Lei Complementar n° 02, de 23 de março de 2021.** Estudo de Impacto à Vizinhança.

RECIFE. **Lei n° 16.176, de 12 de dezembro de 1996.** Lei de Uso e Ocupação do Solo.

RECIFE. **Lei n° 16.243, de 20 de dezembro de 1996.** Política do Meio Ambiente da Cidade do Recife.

RECIFE. **Lei n° 16.289, de 17 de fevereiro de 1997.** Altera a Seção III do Capítulo III da Lei 16.176/1996.

RECIFE. **Lei n° 16.292, de 17 de fevereiro de 1997.** Regula as Atividades de Edificações e Instalações.

RECIFE. **Lei n° 16.890, de 28 de dezembro de 2003.** Altera a Seção IV do Capítulo II da Lei 16.292/1997.

RECIFE. **Lei n° 18.770/2020.** Institui o plano diretor do município do Recife, revogando a lei municipal n° 17.511, de 29 de dezembro de 2008.

RECIFE. **Lei n° 7.427, de 14 de agosto de 1961.** Lei municipal de obras de arte em edificações do Recife.

RECIFE. **Lei n° 17.072, de 30 de dezembro de 2005.** Estabelece Diretrizes e Critérios para o Programa de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil.

RECIFE. **Lei Ordinária n° 16.176/1996.** Estabelece a lei de uso e ocupação do solo da cidade do Recife.

RECIFE. **Lei Ordinária n° 16.243/1996.** Estabelece a política do meio ambiente da cidade do Recife e consolida a sua legislação ambiental, mediante a instituição do código do meio ambiente e do equilíbrio ecológico da cidade do Recife.

RECIFE. **Licença Prévia.** Disponível em:

<https://bpm.recife.pe.gov.br/agiles/file/temporary?pk=9-48vxj0kxepqi0jenq>. Acesso em: 16 jun. 2023.

RECIFE. **Orientação prévia para empreendimento de impacto n° 89.** Disponível em:

<https://bpm.recife.pe.gov.br/agiles/file/temporary?pk=9-3gzcu2kx8xcnn1na8>. Acesso em: 24 jun. 2023.

RECIFE. **Portaria n° 027, de 30 de março de 2021.** Cumprimento do Art. 154-A do Plano Diretor.

RECIFE. **Resolução do CDU n° 03/1996.** Memorial Justificativo de Impacto.

RENZETTI, BRUNO POLONIO. **Infraestrutura e concorrência: o caso dos aeroportos brasileiros.** Dissertação de Mestrado em Direito e Desenvolvimento – Fundação Getúlio Vargas, Escola de Direito de São Paulo, São Paulo – SP, 2018.

RIBEIRO, A. A.; GUIMARÃES, C. S. **Estimation of greenhouse gas emissions in civil construction for a modular construction on the campus of the Federal University of Rio de Janeiro, Brazil.** Journal of Physics: Conference Series, Volume 1938, IV Workshop sobre Modelagem e Simulação para Ciência e Engenharia (IV WMSSE), Bucaramanga, Colombia, 2021.

RODRIGUE, JEAN-PAUL.; COMTOIS, CLAUDE; SLACK, BRIAN. **The geography of transport systems.** New York: Routledge, 2017.

RODRIGUES, GUSTAVO ARAÚJO. **Modelo dos indicadores EGS em uma empresa de construção civil brasileira**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Controladoria e Finanças Empresariais, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo – SP, 2022.

ROTH, C. DAS G.; GARCIAS, C. M. **Construção Civil e a Degradação Ambiental**. Desenvolvimento em Questão, Editora Unijuí, Ijuí, RS, ano 7, n° 13, p. 111-128, jan/jun. 2009.

SÁNCHEZ, LUIS ENRIQUE. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. 3ª edição, atualizada e aprimorada. Oficina de Textos, São Paulo – SP, 2020.

SANTANDER. **Guia de Boas Práticas na Construção Civil**. 2021.

SANTOS, JÚLIO CÉSAR PINHEIRO. **Avaliação de impactos ambientais na construção de um edifício residencial na cidade do Recife-PE**. Brazilian Journal of Development, vol. 6, n° 1, p. 1758-1767, Curitiba – PR, 2020.

SANTOS, VANESSA R. DOS; CIOTTI, C. S.; CAVALCANTI, J.; BRANDLI, E. N.; FLOSS, M. F. **Impacto Ambiental na Implantação de Aeroportos**. II Encontro de Sustentabilidade em Projeto do Vale do Itajaí (ENSUS). Itajaí, SC, 2008.

SCHEIDT, FERNANDA SELISTE DA SILVA. **Gestão de informação na etapa de projeto visando a eficiência energética de obras aeroportuárias**. Dissertação de Mestrado – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Tecnologia e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento, Londrina – PR, 2010.

SCRUCCA, FLAVIO; INGRAO, CARLO; BARBERIO, GRAZIA; MATARAZZO, AGATA; LAGIOIA, GIOVANNI. **On the role of sustainable buildings in achieving the 2030 UN sustainable development goals**. Environmental Impact Assessment Review, Volume 100, 107069, 2023.

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE. **Manual de arborização urbana: orientações e procedimentos técnicos básicos para a implantação e manutenção da arborização da cidade do Recife**. Prefeitura da Cidade do Recife 1. Ed. – Recife – PE, 2017.

SENGER, L., & TAVARES, J. A. **Indicadores de desempenho ambiental de edificações: revisão da literatura**. In SBE16 Brazil & Portugal, Sociedade Brasileira de Engenharia Ambiental, pp. 907-916, Vitória – ES, 2016.

SHARIFI ORKOMY, ABOUZAR; SHARBATDAR, MOHAMMAD KAZEM. **Identifying Effective Sustainable Development Indicators for Airport Construction Projects: Zahedan International Airport in Iran as Case Study**. Iranian Journal of Science and Technology - Transactions of Civil Engineering, Volume 45, Issue 1, p. 241-252, 2021.

SILVA, CELSO JOSÉ LEÃO E. **Transporte aéreo, infraestrutura aeroportuária e controle urbano: O estudo de caso do Aeroporto Internacional do Recife/Guararapes-Gilberto Freyre**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Recife – PE,

2010.

SILVA, DENILSON TEIXEIRA DA; GARCIA, CLEO MARCUS; HENKES, JAIRO AFONSO. **Aeroportos Verdes (Green Airports): iniciativas e certificações**. Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental, vol. 9, n. 4, p. 5-39. Florianópolis – SC, 2020.

SILVA, JANAINA ANDRÉA DA. **Análise da viabilidade de implantação de um sistema de captação de água de chuva para lavagem de aeronaves e reuso de efluentes**. Dissertação de Mestrado – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Guaratinguetá, SP, 2017.

SILVA, MARCOS HENRIQUE BUENO DA. **Modelo para estimativa dos custos de construção das superfícies pavimentadas para operações de aeronaves em aeroportos**. Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo – SP, 2020.

SOARES, RAFAELA GUEDES LINS. **Significância dos impactos ambientais resultantes do processo construtivo de edificações – ferramenta para análise e estudo multicaso**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal da Paraíba, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. João Pessoa –PB, 2017.

SONERYD, L. **Public involvement in the planning process: EIA and lessons from the Örebro airport extension, Sweden**. Environmental Science and Policy, 7(1), p. 59-68, 2004.

VAN BELLEN, HANS MICHAEL. **Indicadores de Sustentabilidade: uma análise comparativa**. 2ª Edição, Editora FGV, Rio de Janeiro – RJ, 2018.

VASCONCELLOS, MÚCIO CÉSAR DE JUCÁ. **Aeroporto dos Guararapes: Um estudo configuracional**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Pernambuco. Recife – PE, 2002.

VECHI, NÍVEA REGINA GALLO; GALLARDO, AMARILIS LÚCIA CASTELI FIGUEIREDO; TEIXEIRA, CLÁUDIA ECHEVENGUÁ. **Aspectos ambientais do setor da construção civil: Roteiro para a adoção de sistema de gestão ambiental pelas pequenas e médias empresas de prestação de serviços**. Revista Eletrônica Sistema & Gestão, n° 11, pp 17-30, 2016.

VIEIRA, CIDNEY RIBEIRO; ROCHA, JOAQUIN HUMBERTO AQUINO; LAFAYETTE, KALINNY PATRÍCIA VAZ; SILVA, DÉBORA MARIA DA. **Análise dos fatores de influência e diagnóstico da gestão dos resíduos da construção civil (RCC) nos canteiros de obra da cidade do Recife-PE**. Revista Brasileira De Gestão Urbana, n° 11, 2019.

VILLEGAS, MARGARITA INÉS VILORIA; CADAVID, LORENA; AWAD, GABRIEL. **Metodología para evaluación de impacto ambiental de proyectos de infraestructura em Colombia**. Ciencia e Ingeniería Neogranadina, vol. 28, n° 2, pp. 121-156, 2018.

VITORINO, FERNANDA COUTINHO; COSTA, JAQUELINE ELISABETE DA; RIBEIRO, PÂMELA SIMPLICIO; NEVES, THAYNA PEREIRA; COSTA, BARBARA REGINA LOPES. **Desenvolvimento sustentável: Aeroporto de Incheon versus Aeroporto de Viracopos**. XI FATECLOG - Os desafios da logística real no universo virtual FATEC

Jornalista Omair Fagundes de Oliveira. Bragança Paulista – SP, 2020.

VOGIATZIS, KONSTANTINOS; KASSOMENOS, PAVLOS; GEROLYMATOU, GEORGIA; VALAMVANOS, PANAGIOTIS; ANAMATEROU, EVDOKIA. **Climate Change Adaptation Studies as a tool to ensure airport's sustainability: The case of Athens International Airport (A.I.A.)**. *Science of the Total Environment* 754. 2021.

WAN, JIKANG; YONG, BIN; ZHOU, XIAOFENG. **Spatial and temporal analysis of the increasing effects of large-scale infrastructure construction on the surface urban heat island**. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, Volume 237, 113521, 2022.

WAN, LILI; PENG, QIUPING; WANG, JIUHE; TIAN, YONG; XU, CAN. **Evaluation of Airport Sustainability by the Synthetic Evaluation Method: A Case Study of Guangzhou Baiyun International Airport, China, from 2008 to 2017**. *Sustainability*, 12, 3334. 2020.

WELLS, ALEXANDER; YOUNG, SETH. **Airport Planning & Management**. 5th Edition – McGraw-Hill. New York, 2004.

WIJEWANTHA, PAMILA; KULATUNGA, UDAYANGANI. **A framework to assess environmental sustainability of expressway projects in Sri Lanka**. *Management of Environmental Quality*, Vol. 33, n° 6, p. 1404-1420, 2022.

WORLD GREEN BUILDING COUNCIL. **Beyond Buildings – Why an integrated approach to buildings and infrastructure is essential for climate action and sustainable development**. 2021.

XIONG, C.; TIAN, Y.; LIU, X.; TAN, R.; LUAN, Q. **The Different Impacts of Airports on the Ecological Environment under Distinct Institutional Contexts**. *Land*, 11, 291, 2022.

YAN, H.-K.; WANG, N.; WU, N.; SONG, N.-Q.; ZHU, D.-L.. **Estimating environmental value losses from earth materials excavation and infilling for large-scale airport construction: a case of Dalian Offshore Airport, Dalian, China**. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(26), p. 21168-21179, 2017.

YOUNG, SETH; WELLS, ALEXANDER. **Aeroportos: planejamento e gestão - 6 ed.** – Bookman, Dados eletrônicos. – Porto Alegre – RS, 2014.

ZANNI, SARA; LALLI, FRANCESCO; FOSCHI, ELEONORA; BONOLI, ALESSANDRA; MANTECCHINI, LUCA. **Indoor Air Quality Real-Time Monitoring in Airport Terminal Areas: An Opportunity for Sustainable Management of Micro-Climatic Parameters**. *Sensors*, Volume 18, Issue 11, Article Number 3798, 2018.

ZHOU, XIN-HUI; SHEN, SHUI-LONG; XU, YE-SHUANG; ZHOU, AN-NAN. **Analysis of Production Safety in the Construction Industry of China in 2018**. *Sustainability* 11, n°17, Article number 4537, 2019.

ZHOU, YIJUN; TAM, VIVIAN WY.; LE, KHOA N. **Sensitivity analysis of design variables in life-cycle environmental impacts of buildings**. *Journal of Building Engineering*, Volume 65, 105749, ISSN 2352-7102, 2023.

APÊNDICE A – Questionário



Olá,

Você está sendo convidado(a) para participar da pesquisa “Aspectos e Impactos Ambientais de Obras de Infraestrutura do Aeroporto Internacional do Recife – Pernambuco – Brasil”.

O objetivo geral do estudo é analisar os aspectos e impactos ambientais da implementação de obras de reforma e expansão do Aeroporto Internacional do Recife, Pernambuco, Brasil.

A investigação faz parte do Mestrado Profissional em Gestão Ambiental, vinculada ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE) sob responsabilidade do discente Márcio Carneiro Boaventura e foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro Universitário Brasileiro (UNIBRA) por meio do CAAE: 61469022.1.0000.0130, evitando assim, qualquer forma de imposição ou constrangimento do(a) participante do estudo, mediante a concessão de consentimento, que garanta sua participação de forma esclarecida e voluntária.

O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), é apresentado a seguir, garante o sigilo sobre a sua identidade. Caso aceite participar, você concordará com o TCLE e responderá o questionário que faz parte da pesquisa, cujo tempo estimado de resposta é de 15 (quinze) minutos. Seu e-mail é solicitado para que enviemos a você a cópia do TCLE.

Desde já, agradecemos sua contribuição.

Caso tenha alguma dúvida ou necessite entrar em contato, favor enviar mensagem para o e-mail do pesquisador: marcioboaventura@hotmail.com.

Parte 1 - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa, está disponível no link a seguir:

Link para Acesso ao TCLE: [Link para Acesso ao TCLE](#)

Você concorda com o TCLE?* () Sim () Não

* Resposta obrigatória

Parte 2 - Identificação Profissional

A identificação do profissional é um item de grande relevância, pois será possível identificar o perfil dos especialistas que contribuíram para a respectiva pesquisada de mestrado.

Nome Completo* _____

Profissão* _____

Função* _____

Tempo de Experiência Profissional* _____

Local de Atuação* _____

* Resposta obrigatória

Parte 3 - Levantamento de indicadores de gestão ambiental aplicados na construção civil de aeroportos

Dentre os indicadores ambientais relacionados abaixo, identifique quais você considera essenciais para o acompanhamento de uma boa gestão ambiental na construção civil de aeroportos e a sua respectiva relevância. Para responder a relevância, favor considerar conforme listado abaixo, da esquerda para a direita:

- Sem Relevância
- Pouca Relevância
- Neutro
- Relevante
- Muita Relevância

Para facilitar a interpretação dos dados, os indicadores ambientais foram separados por grupos adaptados da série 300 de normas do *Global Reporting Initiative* (GRI), conforme relacionados a seguir:

- A. Materiais
- B. Energia
- C. Combustíveis e Derivados de Petróleo
- D. Água e Efluentes
- E. Emissões de Gases e Materiais Particulados
- F. Geração de Resíduos
- G. Avaliação Ambiental de Fornecedores
- H. Conformidade Ambiental

Questionário da Pesquisa Aspectos e Impactos Ambientais de Obras de Infraestrutura do Aeroporto Internacional do Recife – Pernambuco – Brasil

A. Materiais

A seguir são apresentadas 36 propostas de indicadores ambientais para gestão ambiental de obras aeroportuárias para a categoria materiais.

Propostas de Indicadores para a categoria Materiais	Sem Relevância	Pouca Relevância	Neutro	Relevante	Muita Relevância
Consumo de areia (m ³)	()	()	()	()	()
Consumo de argamassa para levante e reboco (Kg)	()	()	()	()	()
Consumo de argamassa para assentamento de piso e azulejo (Kg)	()	()	()	()	()
Consumo de bloco cerâmico (Unid.)	()	()	()	()	()
Consumo de bloco de concreto (Unid.)	()	()	()	()	()
Consumo de concreto estrutural (m ³)	()	()	()	()	()
Consumo de revestimento cerâmico (m ²)	()	()	()	()	()
Consumo de solo para aterro (m ³)	()	()	()	()	()
Consumo de BGS (m ³)	()	()	()	()	()
Consumo de aço - barras e vergalhões (Kg)	()	()	()	()	()
Consumo de arame (Kg)	()	()	()	()	()
Consumo de cabos e fios de cobre (Kg)	()	()	()	()	()
Consumo de forro metálico (m ²)	()	()	()	()	()
Consumo de madeira estrutural para pilares e vigas (m ³)	()	()	()	()	()
Consumo de madeira para assoalhos e piso (m ³)	()	()	()	()	()
Consumo de madeira para esquadrias (m ³)	()	()	()	()	()
Consumo de madeira para forma (m ³)	()	()	()	()	()

Propostas de Indicadores para a categoria Materiais	Sem Relevância	Pouca Relevância	Neutro	Relevante	Muita Relevância
Consumo de madeira para serviços preliminares - tapumes e gabaritos (m ³)	()	()	()	()	()
Consumo de tubulação em aço carbono (Kg)	()	()	()	()	()
Consumo de tubulação em PVC, Rib Loc, PEAD e PPR (m)	()	()	()	()	()
Consumo de vidro (m ²)	()	()	()	()	()
Consumo de forro em gesso (m ²)	()	()	()	()	()
Consumo de gesso em placa (m ²)	()	()	()	()	()
Consumo de gesso em pó (Kg)	()	()	()	()	()
Consumo de tintas e solventes (L)	()	()	()	()	()
Consumo de asfalto (Ton.)	()	()	()	()	()
Consumo de cimento (Kg)	()	()	()	()	()
Consumo de forro mineral (m ²)	()	()	()	()	()
Consumo de luminárias (Unid.)	()	()	()	()	()
Consumo de brita (m ³)	()	()	()	()	()
Consumo de rocha ornamental - mármore e granito (m ²)	()	()	()	()	()
Controle de perdas de materiais durante o transporte (%)	()	()	()	()	()
Controle de perdas de material por retrabalho (%)	()	()	()	()	()
Controle de perdas incorporadas (ex: espessura maior do reboco e de lajes) (%)	()	()	()	()	()
Uso de material reaproveitado (Kg)	()	()	()	()	()

Propostas de Indicadores para a categoria Materiais	Sem Relevância	Pouca Relevância	Neutro	Relevante	Muita Relevância
Uso de material reciclado (Kg)	()	()	()	()	()

B. Energia

A seguir são apresentadas 5 propostas de indicadores ambientais para gestão ambiental de obras aeroportuárias para a categoria energia.

Propostas de Indicadores para a categoria Energia	Sem Relevância	Pouca Relevância	Neutro	Relevante	Muita Relevância
Consumo de energia elétrica (Kwh)	()	()	()	()	()
Consumo de energia eólica (Kwh)	()	()	()	()	()
Consumo de energia fotovoltaica (Kwh)	()	()	()	()	()
Controle de perda de energia por retrabalho (Kwh)	()	()	()	()	()
Desperdício de energia (Kwh)	()	()	()	()	()

C. Combustíveis e Derivados de Petróleo

A seguir são apresentadas 10 propostas de indicadores ambientais para gestão ambiental de obras aeroportuárias para a categoria combustíveis e derivados de petróleo.

Propostas de Indicadores para a categoria Combustíveis e Derivados de Petróleo	Sem Relevância	Pouca Relevância	Neutro	Relevante	Muita Relevância
Consumo de combustível por retrabalho (L)	()	()	()	()	()
Consumo de óleo diesel (L)	()	()	()	()	()
Consumo de etanol (L)	()	()	()	()	()
Consumo de gás natural veicular - GNV (m³)	()	()	()	()	()
Consumo de gasolina (L)	()	()	()	()	()
Consumo de óleo hidráulico (L)	()	()	()	()	()
Consumo de óleo lubrificante (L)	()	()	()	()	()
Consumo de querosene (L)	()	()	()	()	()

Propostas de Indicadores para a categoria Combustíveis e Derivados de Petróleo	Sem Relevância	Pouca Relevância	Neutro	Relevante	Muita Relevância
Controle de perda de combustível por derramamento (%)	()	()	()	()	()
Controle de perda de combustível por equipamento ligado e parado - sem trabalhar (%)	()	()	()	()	()

D. Águas e Efluentes

A seguir são apresentadas 11 propostas de indicadores ambientais para gestão ambiental de obras aeroportuárias para a categoria águas e efluentes.

Propostas de Indicadores para a categoria Águas e Efluentes	Sem Relevância	Pouca Relevância	Neutro	Relevante	Muita Relevância
Captação e consumo de água de chuva (L)	()	()	()	()	()
Captação e consumo de água de reuso (L)	()	()	()	()	()
Captação e consumo de água de superfície - rios, lagos e córregos (L)	()	()	()	()	()
Captação e consumo de água de terceiros - caminhão pipa (L)	()	()	()	()	()
Consumo de água fornecida pela concessionária local (L)	()	()	()	()	()
Água de reaproveitamento da produção (L)	()	()	()	()	()
Captação e consumo de água subterrânea - poços e nascentes (L)	()	()	()	()	()
Geração e descarte de efluentes do canteiro de obras (L)	()	()	()	()	()
Descarte de efluentes dos sanitários químicos (L)	()	()	()	()	()
Desperdício de água (L)	()	()	()	()	()
Consumo de água para lavagem de betoneiras e caminhões betoneiras (L)	()	()	()	()	()

E. Emissões de Gases e Materiais Particulados

A seguir são apresentadas 5 propostas de indicadores ambientais para gestão ambiental de obras aeroportuárias para a categoria emissões de gases e materiais particulados.

Propostas de Indicadores para a categoria Emissões de Gases e Materiais Particulados	Sem Relevância	Pouca Relevância	Neutro	Relevante	Muita Relevância
Emissão de dióxido de carbono - CO ₂ (Mt CO ₂)	()	()	()	()	()

Propostas de Indicadores para a categoria Emissões de Gases e Materiais Particulados	Sem Relevância	Pouca Relevância	Neutro	Relevante	Muita Relevância
Emissão de material particulado (Kg)	()	()	()	()	()
Emissão de ruído (dB)	()	()	()	()	()
Emissão de vibração (Hz)	()	()	()	()	()
Redução de emissão de gases do efeito estufa (Mt CO ₂)	()	()	()	()	()

F. Geração de Resíduos Sólidos

A seguir são apresentadas 21 propostas de indicadores ambientais para gestão ambiental de obras aeroportuárias para a categoria geração de resíduos sólidos.

Propostas de Indicadores para a categoria Geração de Resíduos Sólidos	Sem Relevância	Pouca Relevância	Neutro	Relevante	Muita Relevância
Argamassa (Kg)	()	()	()	()	()
Concreto (Kg)	()	()	()	()	()
Material cerâmico (Kg)	()	()	()	()	()
Solo (m ³)	()	()	()	()	()
Cobre (Kg)	()	()	()	()	()
Embalagens de tintas e solventes (Unid.)	()	()	()	()	()
Gesso (Kg)	()	()	()	()	()
Madeira (Kg)	()	()	()	()	()
Metal (Kg)	()	()	()	()	()
Papel (Kg)	()	()	()	()	()
Plásticos e PVC (Kg)	()	()	()	()	()
Rochas (Kg)	()	()	()	()	()

Vidro (Kg)	()	()	()	()	()
Tintas e solventes (L)	()	()	()	()	()
Asfalto (Kg)	()	()	()	()	()
Derivados de borrachas (Kg)	()	()	()	()	()
Dispositivos eletrônicos (Kg)	()	()	()	()	()
Hospitalar (Kg)	()	()	()	()	()
Isopor/EPS (m ³)	()	()	()	()	()
Material orgânico (Kg)	()	()	()	()	()
Vegetação (m ³)	()	()	()	()	()

G. Avaliação Ambiental de Fornecedores

A seguir são apresentadas 6 propostas de indicadores ambientais para gestão ambiental de obras aeroportuárias para a categoria avaliação ambiental de fornecedores.

Propostas de Indicadores para a categoria Avaliação Ambiental de Fornecedores	Sem Relevância	Pouca Relevância	Neutro	Relevante	Muita Relevância
Número de fornecedores avaliados com relação aos impactos ambientais (Unid.)	()	()	()	()	()
Números de fornecedores identificados como causadores de impactos ambientais negativos (Unid.)	()	()	()	()	()
O fornecedor deve ser certificado com a ISO 14.000/2015	()	()	()	()	()
Percentual de fornecedores identificados como causadores de impactos ambientais negativos com os quais foram acordadas melhorias como decorrência da avaliação realizada (%)	()	()	()	()	()
Percentual de fornecedores identificados como causadores de impactos ambientais negativos com os quais a organização encerrou as relações de negócios (%)	()	()	()	()	()
Percentual de novos fornecedores que foram selecionados com base em critérios ambientais (%)	()	()	()	()	()

H. Conformidade Ambiental

A seguir são apresentadas 3 propostas de indicadores ambientais para gestão ambiental de obras aeroportuárias para a categoria combustíveis e derivados de petróleo.

Propostas de Indicadores para a categoria Combustíveis e Derivados de Petróleo	Sem Relevância	Pouca Relevância	Neutro	Relevante	Muita Relevância
Valor monetário total das multas ambientais (R\$)	()	()	()	()	()
Número total das sanções não monetárias dos desvios ambientais (Unid.)	()	()	()	()	()
Processos movidos por meio de mecanismos de arbitragem (Unid.)	()	()	()	()	()

Parte 4 - Comunicação Interna e Externa

4.1 As informações coletadas através dos indicadores ambientais são divulgadas com todas as classes hierárquicas da sua obra?*

- () Sim, para todas as classes hierárquicas da obra e todos os indicadores ambientais
- () Sim, para todas as classes hierárquicas da obra, porém de apenas alguns indicadores ambientais
- () Sim, para todas as classes hierárquicas da obra, apenas aqueles indicadores ambientais que apresentam resultados negativos
- () Não, essas informações são divulgadas apenas para cargos de liderança
- () Não, essas informações não são divulgadas internamente em hipótese alguma

* Resposta obrigatória

4.2 Caso sua empresa divulgue internamente os indicadores ambientais, quais os meios de comunicação utilizados?

- () Durante o Diálogo Diário de Segurança (DDS)
- () Durante a integração do colaborador e treinamentos de reciclagem
- () Em cartazes e quadros de gestão a vista espalhados pela obra
- () Em jornal interno, com publicações de informações periódicas da obra
- () As informações são enviadas por e-mail
- () Outro meio (Favor especificar). _____

4.3 A empresa que você trabalha faz divulgação dos indicadores ambientais para o mercado?*

- () Sim () Não

* Resposta obrigatória

4.4 Se sim, quais são os meios de comunicação externos utilizados?

- () Website da empresa
- () Relatórios anuais de sustentabilidade
- () Periódicos especializadas sobre o tema
- () Divulgação em jornais de grande circulação
- () A empresa não faz divulgação dos indicadores ambientais para o mercado.



() Outro meio (Favor especificar). _____

Parte 5 – Questões Abertas

Para aprimorar o entendimento sobre os indicadores de sustentabilidade ambiental, esse questionário dispõe de 4 questões abertas, conforme apresentadas a seguir:

Q1 - Dentre os indicadores ambientais sinalizados anteriormente, quais você tem maior dificuldade de monitorar em uma obra de construção civil de aeroportos (indicar o número do indicador)? * Por gentileza, justifique a sua resposta.

* Resposta obrigatória

Q2 - Caso você tenha percebido a ausência de algum indicador ambiental que considere importante ser monitorado durante a obra de um aeroporto, fineza informar o mesmo.

Q3 - Como os indicadores ambientais têm contribuído para a mitigação dos aspectos e impactos ambientais negativos da sua obra?

Q4 - Existe algum indicador ambiental que você não utiliza em sua obra que cogita a possibilidade de monitorar em um próximo empreendimento?

Parte 6 – Agradecimento

Obrigado pela sua participação na pesquisa!

APÊNDICE B – Produto Educacional



MANUAL TÉCNICO

Indicadores para Gestão Ambiental de Obras Aeroportuárias



Márcio Carneiro Boaventura
2023

Márcio Carneiro Boaventura
Maria Tereza Duarte Dutra
Ioná Maria Beltrão Rameh Barbosa

Manual Técnico Indicadores para a Gestão Ambiental de Obras Aeroportuárias

Manual técnico fruto da dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental, para qualificação como requisito para obtenção do grau de Mestre em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco.

Linha de Pesquisa: Gestão para Sustentabilidade

Coautores: Maria Tereza Duarte Dutra e Ioná Maria Beltrão Rameh Barbosa

Diagramação: Márcio Carneiro Boaventura

1. Indicadores 2. Gestão Ambiental 3. Obras Aeroportuárias

Apresentação

Os aeroportos desempenham um papel de significativa importância na sociedade, uma vez que viabilizam a logística de pessoas e mercadorias em escala mundial. Segundo o *Airports Council International* (2023), mesmo diante dos desafios impostos pela pandemia de COVID-19, espera-se um expressivo aumento no número global de passageiros, previsto para exceder 40% no período compreendido entre os anos de 2022 e 2027. Esse cenário demandará a expansão das atuais infraestruturas aeroportuárias, a fim de comportar adequadamente o volume crescente de viajantes.

Este manual técnico representa o produto educacional resultante da pesquisa "Aspectos e Impactos Ambientais de Obras de Infraestrutura do Aeroporto Internacional do Recife – Pernambuco – Brasil", desenvolvida no âmbito do Mestrado Profissional em Gestão Ambiental do Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco. Seu autor é o Engenheiro Civil Márcio Carneiro Boaventura, sob a orientação das Professoras Dra. Maria Tereza Duarte Dutra e Dra. Ioná Maria Beltrão Rameh Barbosa.

O propósito do presente manual consiste em apresentar e priorizar 30 indicadores de gestão ambiental específicos para obras de aeroportos, relacionando-os com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2015. Esses indicadores foram agrupados em oito categorias distintas, a saber: Materiais, Energia, Combustíveis e Derivados de Petróleo, Águas e Efluentes, Emissões de Gases e Materiais Particulados, Geração de Resíduos Sólidos, Avaliação Ambiental de Fornecedores e Conformidade Ambiental. A ordenação dos indicadores foi realizada a partir da avaliação da consulta de 114 especialistas em gestão ambiental e construção de aeroportos atuantes em seis países.

A utilização dos indicadores propostos é essencial para exercer um maior controle sobre as variáveis ambientais ao longo do processo de construção de uma infraestrutura aeroportuária, permitindo a mensuração e comparação das informações com outras referências. A adoção de um sistema de indicadores ambientais na construção de aeroportos contribui para a minimização e mitigação dos danos ao meio ambiente decorrentes desse tipo de empreendimento. Por conseguinte, recomenda-se enfaticamente a incorporação dos indicadores de sustentabilidade como instrumento fundamental para auxiliar nas tomadas de decisões e fomentar a gestão ambiental durante o curso de uma obra de aeroporto.



Sumário

Introdução	5
Método de seleção dos indicadores	6
Indicadores propostos por categoria	7
Priorização dos indicadores propostos	17
Considerações finais	18
Referências	19



Introdução

As obras de implantação e ampliação de um aeroporto são empreendimentos complexos que demandam a mobilização de diversos recursos naturais e podem afetar significativamente o meio ambiente. Casagrande (2018) afirma que a implantação, expansão e operação de um aeroporto consome grande quantidade de recursos naturais e deve-se adotar estratégias de mitigação dos aspectos e impactos ambientais durante a fase de obra. De acordo com Villegas *et al.* (2018), há uma maior concentração de impactos ambientais ao longo de uma obra de infraestrutura durante a fase de construção em comparação a fase de planejamento.

Para Lima *et al.* (2016) a identificação dos aspectos ambientais, na construção civil, contribui para que sejam analisadas as atividades/produtos/serviços causadores, de forma que seja possível mapear suas falhas e possibilite a adoção de ações mitigadoras dos impactos ambientais. Nesse contexto, Froufe *et al.* (2020) afirmam que a adoção de indicadores ambientais desempenha um papel crucial na gestão ambiental dos canteiros de obras. Esses indicadores fornecem uma base sólida para analisar e avaliar os impactos gerados ao longo do processo construtivo, bem como para orientar a tomada de decisões pelos diferentes stakeholders envolvidos no projeto.

Philippi Jr e Malheiros (2013) ressaltam a relevância dos indicadores de sustentabilidade como instrumentos valiosos para aferir o desempenho ambiental das obras e facilitar a comunicação e o engajamento com os interessados. Por sua vez, Vechi *et al.* (2016) destacam que o monitoramento constante dos indicadores de sustentabilidade ao longo da execução de uma obra proporciona uma estimativa mais precisa dos impactos ambientais envolvidos, permitindo, assim, o estabelecimento de medidas de controle e mitigação mais eficazes.

Para garantir a efetividade dos indicadores, Dutra (2017) enfatiza a importância de selecioná-los de forma criteriosa, buscando informações originais e relevantes para o contexto específico, o que também contribui para a concisão e propriedade dos resultados obtidos. É por meio desses indicadores bem selecionados e aplicados que o setor da construção civil pode contribuir para alcançar os 17 ODS estabelecidos pela Agenda 2030 da ONU (2015), como ressaltado por Scrucca *et al.* (2023). Dessa forma, os indicadores ambientais não apenas atuam como instrumentos de controle e gestão, mas também como aliados fundamentais na busca por uma construção mais sustentável e alinhada com os princípios da responsabilidade ambiental global.

Método de Seleção dos Indicadores

A seleção dos indicadores para a gestão ambiental em obras aeroportuárias baseou-se na experiência profissional do autor, na relevância identificada na literatura e nas categorias de indicadores pertinentes a projetos de infraestrutura aeroportuária, adaptadas da série 300 das normas do *Global Reporting Initiative* (GRI), um padrão amplamente reconhecido no cenário corporativo a nível mundial.

Para selecionar os indicadores a serem monitorados durante a realização de obras aeroportuárias foi elaborado um questionário estruturado, inicialmente com 97 indicadores ambientais, adaptado da metodologia do Painel Delphi. A avaliação da relevância dos indicadores foi obtida utilizando a escala de Likert de cinco pontos. A escolha desses métodos deveu-se à sua extensa aceitação no meio acadêmico para pesquisas desse tipo.

O questionário foi distribuído aos especialistas em gestão ambiental e construção de aeroportos por meio digital via *Google Forms*. A coleta de dados foi realizada durante o período de 18 a 31 de janeiro de 2023. É importante ressaltar que a pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa por meio da Plataforma Brasil e recebeu aprovação sob o Certificado de Apresentação de Apreciação Ética nº 61469022.1.0000.0130.

As perguntas do questionário abordaram a aplicação de indicadores de desenvolvimento sustentável em canteiros de obras de aeroportos, com foco na dimensão ambiental. Após a coleta das respostas, os dados foram analisados levando em consideração os critérios listados a seguir:

- o grau de relevância dos indicadores levou em consideração aqueles que apresentaram as maiores frequências absolutas das respostas para cada grupo de indicadores.
- a análise dos dados considerou as medidas estatísticas de mediana e moda para cada categoria de indicadores, visto que as opções de relevância no questionário têm natureza ordinal.
- os indicadores selecionados foram os que demonstraram as maiores medianas e modas simultaneamente para cada uma das categorias de indicadores sugeridas.

Após a organização das respostas coletadas por meio do questionário, foi desenvolvida uma lista prioritária com 30 indicadores mais significativos para cada categoria, com base no nível de relevância indicado pelos especialistas. Simultaneamente, foram estabelecidas associações entre esses indicadores e os 17 ODS da Agenda 2030 da ONU (2015).

Indicadores Propostos por Categorias

As categorias dos indicadores consideradas para a elaboração desse manual foi proposta a partir da adaptação de normas da série 300 do *Global Reporting Initiative*, por ser um padrão muito utilizado a nível mundial pelas organizações. A seleção restringiu apenas as classes de indicadores que apresentam relação com a construção e ampliação de aeroportos. Segundo a ONU (2015), o alcance das metas dos 17 ODS compete a "um apelo global à ação para acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima e garantir que as pessoas, em todos os lugares, possam desfrutar de paz e de prosperidade".

Ainda de acordo com a instituição, são 17 os objetivos propostos que contribuem para atingir a Agenda 2030 e os mesmos estão ilustrados na Figura 1.

Figura 1: Objetivos de Desenvolvimento Sustentável proposto pela Organização das Nações Unidas



Fonte: ONU (2015)

A seguir é detalhada cada uma das categorias e os seus respectivos indicadores ambientais propostos associados aos ODS sugeridos pela ONU (2015).

a) MATERIAIS

As obras aeroportuárias, por sua própria natureza e amplitude, demandam de um grande volume de materiais para sua construção e ampliação. Esse processo requer uma ampla variedade de materiais, desde os mais triviais como o cimento aos mais especializados a exemplo dos vidros utilizados nas fachadas que são resistentes aos impactos e devem garantir o isolamento termoacústico do Terminal de Passageiros. Uma maneira para se atender aos 17 ODS propostos pela ONU (2015) é através do monitoramento dos indicadores ambientais.

Os resultados da consulta aos especialistas apontam que os indicadores ambientais, dessa categoria possui priorização de relevância, conforme estão listados abaixo:

- Uso de material reciclado: Esse indicador apresentou uma relevância acumulada igual a 83,19% e o seu acompanhamento durante uma obra de aeroporto coopera com o ODS 9 por meio do estímulo da indústria de reciclagem e do desenvolvimento de insumos reciclados. Proporciona a redução do impacto adverso da construção do empreendimento e auxilia no desenvolvimento de cidades sustentáveis atendendo as premissas do ODS 11. Além de estar aderente ao ODS 12, visto que o uso de materiais reciclados é uma prática de produção e consumo sustentável por reduzir a extração de recursos naturais.
- Uso de material reaproveitado: Esse indicador apresentou uma relevância acumulada igual a 78,57% e o seu acompanhamento durante uma obra de aeroporto coopera com o ODS 9 por meio do incentivo do desenvolvimento de infraestruturas construídas por materiais reaproveitados. Contribui com o ODS 11 através do desenvolvimento de cidades sustentáveis e por meio da redução do impacto adverso da construção. Promove a redução, reutilização e a minimização do desperdício dos materiais por intermédio do ODS 12.
- Controle de perdas de material por retrabalho: Esse indicador apresentou uma relevância acumulada igual a 75,89% e o seu acompanhamento durante uma obra de aeroporto coopera com o ODS 9 através da promoção da eficiência e qualidade da infraestrutura construída. Do ODS 11 por meio da construção eficiente para o desenvolvimento de cidades sustentáveis. Além disso, do ODS 12, que busca pela garantia de padrões de produção e do consumo sustentável por esse tipo de empreendimento.

b) ENERGIA

O consumo de energia ao longo de uma obra é uma variável que desperta grande interesse dos *stakeholders*. Destaca-se que são múltiplos os equipamentos e ferramentas que demandam do consumo de energia para a execução das atividades de construção e ampliação de um aeroporto. Uma boa gestão energética durante esse processo coopera diretamente com o cumprimento dos ODS propostos pela ONU (2015) e a utilização dos indicadores de sustentabilidade são fundamentais para o atingimento desses ODS.

Os resultados da consulta aos especialistas apontam que os indicadores ambientais, dessa categoria possui priorização de relevância, conforme estão listados a seguir:

- Consumo de energia elétrica: Esse indicador apresentou uma relevância acumulada igual

a 94,59% e o seu acompanhamento durante uma obra de aeroporto coopera com o ODS 7 através da implementação de práticas de eficiência energética e pela priorização de fontes de energia limpa. No âmbito de uma obra aeroportuária, o ODS 9 pode ser atendido pela implantação de tecnologias inovadoras e de maior eficiência. O uso de equipamentos de baixo consumo energético e de emissão de gases atmosféricos reduzidos contribui para o ODS 13.

- Desperdício de energia: Esse indicador apresentou uma relevância acumulada igual a 89,19% e o seu acompanhamento durante uma obra de aeroporto coopera que o ODS 7 seja atendido por meio da identificação de pontos onde há a perda de energia nos cabos de alimentação elétrica da obra. Por meio do ODS 12 é possível buscar oportunidades de racionalizar o consumo energético e aumentar a produção de maneira sustentável do empreendimento através de capacitação da mão de obra. Priorizar pela aquisição de equipamentos novos e de baixo consumo energético para atingir o ODS 13.

c) COMBUSTÍVEIS E DERIVADOS DE PETRÓLEO

O consumo de combustíveis e derivados de petróleo para execução de obras aeroportuárias é significativo, visto esse tipo de empreendimento demanda de uma grande quantidade de veículos e equipamentos para a execução dos serviços. O controle desses elementos, através de indicadores ambientais, favorece para que parte dos ODS sugeridos pela ONU (2015) sejam atendidos.

Os resultados da consulta aos especialistas apontam que os indicadores ambientais, dessa categoria possui priorização de relevância, conforme estão listados a seguir:

- Consumo de óleo diesel: Esse indicador apresentou uma relevância acumulada igual a 94,64% e o seu acompanhamento durante uma obra de aeroporto coopera com o ODS 3 para a mitigação aos danos à saúde, com o ODS 7 por priorizar as fontes de energia limpa, com o ODS 9 por incentivar o desenvolvimento de tecnologias e processos construtivos eficientes, com o ODS 11 devido proporcionar uma melhor qualidade do ar das cidades, com o ODS 12 por favorecer uma produção e consumo de maneira sustentável e com o ODS 13 que é diretamente afetado pelas variações climáticas.
- Consumo de combustível por retrabalho: Esse indicador apresentou uma relevância acumulada igual a 87,39% e o seu acompanhamento durante uma obra de aeroporto coopera com os ODS 11 e 13, visto proporcionar que as cidades onde os aeroportos são implantados sejam mais sustentáveis devido a redução das alterações climáticas obtida pela minimização do consumo de combustível por retrabalho. A otimização e inovação dos

processos construtivos da ampliação de um aeroporto colabora para minimizar o retrabalho, logo os ODS 9 e 12 são beneficiados pelo respectivo indicador.

- Controle de perda de combustível por equipamento ligado e parado - sem trabalhar: Esse indicador apresentou uma relevância acumulada igual a 84,68% e o seu acompanhamento durante uma obra de aeroporto coopera com dos ODS 3, 11, 12 e 13 devido a melhora na qualidade do ar, interferir na saúde das pessoas e aumentar os índices de sustentabilidade das cidades. Promove o consumo e a produção responsável, assim como na redução de emissão dos gases de efeito estufa (GEE) impactam adversamente o clima.
- Controle de perda de combustível por derramamento: Esse indicador apresentou uma relevância acumulada igual a 83,93% e o seu acompanhamento durante uma obra de aeroporto coopera com o ODS 6 visto que é possível intervir para evitar a contaminação das águas subterrâneas. O ODS 12 é beneficiado por meio da garantia da sustentabilidade dos padrões de consumo e produção. Bem como os ODS 14 e 15 pela proteção dos ecossistemas aquáticos e terrestres respectivamente.

d) ÁGUAS E EFLUENTES

O consumo e a preservação dos recursos hídricos é uma preocupação mundial, bem como a geração e o correto descarte dos efluentes. A expansão de um aeroporto demanda do consumo de água para uma grande quantidade de atividades da obra. Uma obra aeroportuária pode colaborar com o ODS 6 proposto pela ONU (2015) através da implantação de um sistema de indicadores.

Os resultados da consulta aos especialistas apontam que os indicadores ambientais, dessa categoria possui priorização de relevância, conforme estão listados a seguir:

- Geração e descarte de efluentes do canteiro de obras: Esse indicador apresentou uma relevância acumulada igual a 92,86% e o seu acompanhamento durante uma obra de aeroporto coopera com o cumprimento dos ODS 6, 8, 9, 11, 12, 14 e 15 durante a ampliação de um aeródromo. Esses ODS abordam, respectivamente, elementos relacionados ao acesso à água potável, a geração de empregos e a inovação tecnológica, o desenvolvimento urbano sustentável, o consumo responsável e conservação dos ecossistemas aquáticos e terrestres. Além disso, a adoção práticas adequadas para o tratamento e descarte dos efluentes favorecem para a promoção de um futuro sustentável e proteção dos recursos hídricos e os ecossistemas.

- Captação e consumo de água de reuso: Esse indicador apresentou uma relevância acumulada igual a 90,18% e o seu acompanhamento durante uma obra de aeroporto coopera com os ODS 6, 11, 12, 13 e 15, pois aborda variáveis associadas ao acesso à água potável, desenvolvimento urbano sustentável, consumo responsável, ação climática e conservação dos ecossistemas terrestres. Dessa forma, é possível contribuir para o alcance desses objetivos já que promove o uso eficiente dos recursos hídricos e a sustentabilidade ambiental.
- Descarte de efluentes dos sanitários químicos: Esse indicador apresentou uma relevância acumulada igual a 90,18% e o seu acompanhamento durante uma obra de aeroporto coopera com o atendimento dos ODS 8, 9, 11, 14 e 15. Os mesmos estão associados ao crescimento econômico e a geração de empregos, a idealização de novas tecnologias, a promoção da sustentabilidade urbana e pela conservação dos ecossistemas. Realça-se que a adoção práticas ambientais para o descarte e o tratamento dos efluentes, coletados, por esses dispositivos favorece para o desenvolvimento sustentável e a preservação dos recursos hídricos e os ecossistemas.
- Desperdício de água: Esse indicador apresentou uma relevância acumulada igual a 89,19% e o seu acompanhamento durante uma obra de aeroporto coopera com atendimento dos ODS 6, 9, 12, 13 e 15. Esses ODS estão intimamente relacionados a disponibilidade de água limpa, eficiência no uso dos recursos hídricos, na racionalidade do consumo, na minimização dos efeitos climáticos e na conservação dos ecossistemas terrestres. A utilização de instrumentos que controlem e reduza o desperdício de água nas obras de aeroportos, a exemplo do indicador proposto, é um passo fundamental para a garantia do desenvolvimento sustentável e da manutenção da disponibilidade hídrica para as gerações presentes e futuras.
- Água de reaproveitamento da produção: Esse indicador apresentou uma relevância acumulada igual a 87,50% e o seu acompanhamento durante uma obra de aeroporto coopera com os ODS 6, 9, 11 e 12. Pois, abordam temas de acesso à água potável, inovação na indústria de construção civil, desenvolvimento sustentável urbano e consumo e produção responsável para esse tipo de obra. O reaproveitamento da água durante uma obra contribui para promover um futuro mais sustentável e eficiente em termos de recursos hídricos.
- Captação e consumo de água de chuva: Esse indicador apresentou uma relevância acumulada igual a 87,39% e o seu acompanhamento durante uma obra de aeroporto coopera com o ODS 6, pois pode ser uma alternativa de utilização desse recurso para algumas atividades como a limpeza das áreas. Esse processo intensifica o ODS 11,

tornando as cidades mais sustentáveis e colabora com o ODS 12 por meio do consumo e produção responsável desse recurso tão nobre. Além disso, contribui para mitigar os efeitos das alterações climáticas conforme prever o ODS 13.

- Consumo de água para lavagem de betoneiras e caminhões betoneiras: Esse indicador apresentou uma relevância acumulada igual a 86,61% e o seu acompanhamento durante uma obra de aeroporto coopera os ODS 6 e 12, visto que os mesmos abordam os itens associados a essas atividades devido a necessidade de disponibilidade de água limpa, bem como do consumo racional. Recomenda-se que a lavagem desses dispositivos priorize a utilização de águas de reuso e daquelas captadas pela chuva.
- Captação e consumo de água de superfície - rios, lagos e córregos: Esse indicador apresentou uma relevância acumulada igual a 85,71% e o seu acompanhamento durante uma obra de aeroporto coopera com os ODS 6, 11, 14 e 15 visto que envolve o acesso à água potável, o desenvolvimento urbano sustentável, a conservação dos ecossistemas aquáticos e terrestres. É fundamental adotar práticas de captação e consumo de água de superfície que sejam ambientalmente responsáveis e promovam a sustentabilidade dos recursos hídricos.

e) EMISSÕES DE GASES E MATERIAIS PARTICULADOS

Devido a magnitude e as mais variadas atividades associadas, a construção e a expansão de um aeroporto é responsável pela emissão de gases e materiais particulados na atmosfera. O monitoramento e controle desses elementos por meio de indicadores ambientais, colabora para que parte das metas dos ODS recomendados pela ONU (2015) sejam cumpridas.

Os resultados da consulta aos especialistas apontam que os indicadores ambientais, dessa categoria possui priorização de relevância, conforme estão listados a seguir:

- Redução de emissão de gases do efeito estufa: O mundo clama pela redução de emissão de GEE já que esses fluidos tem contribuído, ao longo dos anos, de maneira adversa com as mais variadas questões socioambientais. Monitorar o indicador proposto ao longo das obras de infraestruturas aeroportuárias é de grande importância e apresentou uma relevância acumulada de 87,50% e o mesmo está associado ao cumprimento dos ODS 7, 9, 11 e 13. Esses ODS possuem relação direta com a necessidade de adoção de energias limpas, inovação e sustentabilidade na indústria da construção civil, no desenvolvimento sustentável das cidades e principalmente na vulnerabilidade climática.

- **Emissão de dióxido de carbono - CO₂:** O controle de emissão de CO₂ é uma necessidade global e apresentou uma relevância acumulada de 87,27%, visto que esse gás influencia diretamente na qualidade de vida humana e no cumprimento dos ODS 3, 9, 11 e 13. O emprego do indicador Emissão de Dióxido de Carbono - CO₂ durante a execução de uma obra de aeroporto é de fundamental relevância, visto que o mesmo fere os aspectos relacionados a boa saúde e bem estar, a sustentabilidade na indústria da construção civil, no desenvolvimento sustentável das cidades e principalmente nas questões climáticas. Propõem-se que essa tipologia de empreendimento busque incorporar cada vez mais procedimentos e práticas de construção sustentáveis para reduzir as emissões desse gás CO₂ que é altamente prejudicial.

f) GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Uma obra de aeroporto, em especial aquelas que o escopo compreende a modernização e ampliação das estruturas existentes, apresenta uma significativa geração de resíduos sólidos nas mais variadas classes. O emprego de indicadores de sustentabilidades específicos para monitoramento dessa problemática colabora para o atendimento de parte dos ODS recomendados pela ONU (2015) durante a execução de obras de um aeródromo.

Os resultados da consulta aos especialistas apontam que os indicadores ambientais, dessa categoria possui priorização de relevância, conforme estão listados a seguir:

- **Embalagens de tintas e solventes:** A geração de resíduos sólidos oriundos de embalagens de tintas e solventes durante uma obra de aeroporto apresentou uma relevância acumulada de 92,04% e tem associação aos ODS 3, 6, 11, 12, 14 e 15. Pois, estão relacionados a questões de saúde pública, possibilidade de interferência na qualidade das águas superficiais e subterrâneas, da gestão sustentável e urbana desses resíduos, a produção e ao consumo responsável além da preservação dos ecossistemas aquáticos e terrestres. Recomenda-se o monitoramento desse indicador para facilitar na execução da gestão desse tipo de resíduo através da logística reversa junto aos seus respectivos fabricantes conforme preconiza a legislação vigente.
- **Concreto:** A geração de resíduos sólidos, provenientes da demolição de estrutura e pavimentos em concreto é elevada nas obras de remodelação e expansão aeroportuária. Monitorar esse respectivo indicador durante uma obra de aeroporto manifestou uma relevância acumulada de 89,38% e o mesmo colaborara para que as metas propostas para os ODS 11, 12, 13 e 15 sejam atingidas. Pois, esses ODS tratam diretamente do gerenciamento desses resíduos para promoção da sustentabilidade urbana, consumo e produção sustentável, combate as alterações climática e amparo dos ecossistemas

terrestres. Recomenda-se a adoção de boas práticas ambientais para a gestão desses resíduos a exemplo da reciclagem e a sua reutilização no próprio canteiro de obras.

- **Asfalto:** Apesar desse tipo de material apresentar um alto grau de reaproveitamento, é comum que durante a execução de uma obra de aeroporto ocorra a geração de resíduos sólidos oriundos da demolição, fresagem, recape e execução de pavimentos flexíveis. A relevância acumulada para esse indicador é de 89,29% e o mesmo está associado aos ODS 11, 12 e 15, já que necessita realizar a gestão desses resíduos para o desenvolvimento urbano e sustentável, da produção e do consumo responsável da aplicação desse material e mitigação do ecossistema terrestre. O acompanhamento do respectivo indicador é recomendado por facilitar o gerenciamento dessa tipologia de resíduo, bem como da sua reciclagem e reutilização de maneira que contribua com redução da extração de matéria prima natural e do impacto ambiental adverso dessa extração.
- **Tintas e solventes:** O monitoramento da geração de resíduos sólidos oriundos de tintas e solventes ao longo de uma obra aeroportuária apresentou uma relevância acumulada de 89,09% e o mesmo está relacionado aos ODS 6, 11, 12, 14 e 15. Verificou-se que os mesmos suportam subsídios que versam sobre a contaminação das águas superficiais e subterrâneas, da gestão desses resíduos, do consumo responsável e da conservação dos ecossistemas aquáticos e terrestres. Indica-se o acompanhamento do indicador Tintas e Solventes durante esse tipo de empreendimento devido a seu apoio junto ao gerenciamento desses resíduos, bem como a promoção da redução do desperdício, da correta segregação e do seu adequado descarte.
- **Plástico e PVC:** A geração de resíduos sólidos oriundos de plásticos e PVC durante uma obra de aeroporto se comportou com uma relevância acumulada de 88,39% e o mesmo está relacionado aos ODS 11, 12, 14 e 15. Já que eles compreendem elementos que tratam da gestão desses resíduos, do consumo responsável nos canteiros de obras de aeroportos e da conservação dos ecossistemas. Propõem-se o acompanhamento do indicador Plásticos e PVC durante esse tipo de projeto devido a possibilidade de contribuição com o gerenciamento dessa categoria de resíduos, bem como a promoção da redução do desperdício e a reciclagem desses insumos no próprio canteiro.
- **Derivados de borrachas:** Devido ao alto volume de circulação de veículos e equipamentos é corriqueiro a geração de resíduos sólidos derivados de borrachas (pneus) em uma obra aeroportuária. Outro elemento a ser considerado são os resíduos oriundos sobras de borrachas que foram aplicadas na obra, bem como das peças utilizadas para acomodar e proteger os equipamentos aeroportuários durante o transporte. A relevância acumulada

desse indicador é igual a 81,42% e o mesmo tem correlação com os ODS 11, 12 e 15 devido a demanda de gerir a segregação e descarte desses, bem como pelo consumo responsável e da preservação dos ecossistemas terrestres. Sugere-se o acompanhamento desse indicador para facilitar a adoção de práticas de gestão sustentável que favoreça a sua reciclagem e reutilização com o objetivo de reduzir o desperdício, a poluição e o impacto ambiental.

- Dispositivos eletrônicos: A geração de resíduos eletrônicos tem sido recorrente em obras de aeroportos devido a necessidades de substituir alguns sistemas a exemplo dos monitores de informativo de voos antigos por elementos de maior tecnologia. A relevância acumulada desse indicador é de 79,65% e o mesmo tem interface com os ODS 9 e 12, já que estimulam a inovação tecnológica e o consumo responsável desses dispositivos. Recomenda-se o monitoramento desse indicador ao longo de uma obra aeroporto, pois contribui para gestão desses resíduos perigosos.
- Hospitalar: Devido ao grande volume de trabalhadores contratados para uma obra de expansão aeroportuária, é corriqueiro a instalação de ambulatórios nos canteiros dessas obras para atendimento aos colaboradores. Normalmente esses empreendimentos dispõem de médicos e enfermeiros para atendimento ambulatorial e aplicação de vacinas contra a gripe dos trabalhadores. Esse processo é responsável pela geração de resíduos hospitalares e esse indicador apresenta uma relevância acumulada de 73,45% e o mesmo possui relação direta com o ODS 3. Recomenda-se o monitoramento do respectivo indicador para proporcionar uma melhor gestão dos resíduos hospitalares nas obras dessa tipologia.

g) AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE FORNECEDORES

A avaliação ambiental dos fornecedores ao longo de uma obra de infraestrutura aeroportuária é de fundamental importância. Esse processo possui aderência aos ODS recomendados pela ONU (2015) e o seu monitoramento pode ser feito através dos indicadores de sustentabilidade.

Os resultados da consulta aos especialistas apontam que os indicadores ambientais, dessa categoria possui priorização de relevância, conforme estão listados a seguir:

- Números de fornecedores identificados como causadores de impactos ambientais negativos: O acompanhamento desse indicador em uma obra de aeroportos é recomendado visto a importância do tema, ao grau de relevância acumulada igual a 88,50% e por apresentar ligação com os ODS 8, 12, 15 e 17. Pois, o seu controle contribui

para o crescimento econômico e sustentável e favorece o incentivo de práticas mais sustentáveis nos canteiros de obras. Além de auxiliar na tomada de decisões para evitar a contratação de fornecedores que não se preocupam com o ecossistema terrestre e ao estímulo do desenvolvimento de parcerias estratégicas entre as partes interessadas.

h) CONFORMIDADE AMBIENTAL

A busca pela conformidade ambiental é um aspecto de grande importância e essa prática ajuda a cumprir as metas dos ODS recomendados pela ONU (2015). Recomenda-se que esse elemento seja aferido por meios dos indicadores de sustentabilidade.

Os resultados da consulta aos especialistas apontam que os indicadores ambientais, dessa categoria possui priorização de relevância, conforme estão listados a seguir:

- Valor monetário total das multas ambientais: A mensuração desse indicador é recomendada visto a importância do tema, pela sua relevância acumulada igual a 86,73% e pela sua interligação com o ODS 12. Pois, incentiva que as organizações empresariais desenvolvam a responsabilidade empresarial. Além disso, também motiva a gestão sustentável e o uso eficiente dos recursos naturais, bem como a gestão dos resíduos.
- Número total das sanções não monetárias dos desvios ambientais: O monitoramento desse indicador é recomendada visto a importância do assunto, pela sua relevância acumulada igual a 86,73% e pela sua interação com os ODS 12 e 16. Essa correlação é motivada devido influenciar que as empresas desenvolvam a responsabilidade empresarial por meio da gestão sustentável, do uso eficiente dos recursos naturais e da gestão dos resíduos. Além de proporcionar um sistema legal e instituições fortalecidas e que cumprem as diretrizes ambientais.

Priorização dos Indicadores Propostos

A ordenação apresentada no Quadro 1 para os 30 indicadores propostos, baseou-se no grau de relevância acumulada verificado pelas respostas dos 114 especialistas em gestão ambiental e construção de aeroportos com atuação profissional em 6 países. Também foi feita a associação dos indicadores com os ODS da Agenda 2030. As categorias estão ilustradas conforme descrito no item anterior.

Quadro 1: Priorização dos indicadores propostos para a gestão ambiental de obras aeroportuárias

Categoria	Ordenação dos Indicadores Propostos	Relevância	ODS Associado
c	Consumo de óleo diesel (L)	94,64%	3, 7, 9, 11, 12 e 13
b	Consumo de energia elétrica (Kwh)	94,59%	7, 9 e 13
d	Geração e descarte de efluentes do canteiro de obras (L)	92,86%	6, 8, 9, 11, 12, 14 e 15
f	Embalagens de tintas e solventes (Unid)	92,04%	3, 6, 11, 12, 14 e 15
d	Captação e consumo de água de reuso (L)	90,18%	6, 11, 12, 13 e 15
d	Descarte de efluentes dos sanitários químicos (L)	90,18%	8, 9, 11, 14 e 15
f	Concreto (Kg)	89,38%	11, 12, 13 e 15
f	Asfalto (Kg)	89,29%	11, 12 e 15
b	Desperdício de energia (Kwh)	89,19%	7, 12 e 13
d	Desperdício de água (L)	89,19%	6, 9, 12, 13 e 15
f	Tintas e solventes (L)	89,09%	6, 11, 12, 14 e 15
g	Números de fornecedores identificados como causadores de impactos ambientais negativos (Unid)	88,50%	8, 12, 15 e 17
f	Plástico e PVC (Kg)	88,39%	11, 12, 14 e 15
e	Redução de emissão de gases do efeito estufa (Mt CO ₂)	87,50%	7, 9, 11 e 13
d	Água de reaproveitamento da produção (L)	87,50%	6, 9, 11 e 12
c	Consumo de combustível por retrabalho (L)	87,39%	9, 11, 12 e 13
d	Captação e consumo de água de chuva (L)	87,39%	6, 11, 12 e 13
e	Emissão de dióxido de carbono - CO ₂ (Mt CO ₂)	87,27%	3, 9, 11 e 13
h	Valor monetário total das multas ambientais (R\$)	86,73%	12
h	Número total das sanções não monetárias dos desvios ambientais (Unid)	86,73%	12 e 16
d	Consumo de água para lavagem de betoneiras e caminhão betoneira (L)	86,61%	6 e 12
d	Captação e consumo de água de superfície - rios, lagos e córregos (L)	85,71%	6, 11, 14 e 15
c	Controle de perda de combustível por equipamento ligado e parado - sem trabalhar (%)	84,68%	3, 11, 12 e 13
c	Controle de perda de combustível por derramamento (%)	83,93%	6, 12, 14 e 15
a	Uso de material reciclado (Kg)	83,19%	9, 11 e 12
f	Derivados de borrachas (Kg)	81,42%	11, 12 e 15
f	Dispositivos eletrônicos (Kg)	79,65%	9 e 12
a	Uso de material reaproveitado (Kg)	78,57%	9, 11 e 12
a	Controle de perdas de material por retrabalho (%)	75,89%	9, 11 e 12
f	Hospitalar (Kg)	73,45%	3

Fonte: O autor (2023)

Considerações Finais

O presente manual apresenta uma abordagem minuciosa ao propor os indicadores ambientais, por categoria, para a construção e ampliação de aeroportos. Buscou-se atender aos 17 ODS recomendados pela Agenda 2030 da ONU (2015). A triagem criteriosa dos indicadores por meio de consulta a especialistas e sua priorização de relevância demonstra o compromisso com a sustentabilidade e a preservação com o meio ambiente durante a execução desses empreendimentos.

Destaca-se a importância de monitorar o uso de materiais reciclados e reaproveitados, o controle de perdas de material por retrabalho, o consumo de energia elétrica e a gestão de efluentes e águas, bem como a redução de emissões de gases e resíduos sólidos. Essas práticas alinhadas aos 17 ODS contribuem para o desenvolvimento urbano sustentável, o consumo responsável, a inovação tecnológica, a preservação dos ecossistemas e a mitigação das mudanças climáticas.

A avaliação ambiental de fornecedores e a busca pela conformidade ambiental demonstram a responsabilidade em selecionar parceiros comprometidos com práticas sustentáveis e atender às regulamentações ambientais vigentes, promovendo a responsabilidade empresarial. Além disso, pode-se afirmar que a implantação e mensuração dos indicadores propostos durante uma obra de aeroporto contribui para a maximizar os impactos ambientais positivos.

Portanto, o manual oferece um guia valioso para a implementação de práticas sustentáveis em obras aeroportuárias, contribuindo para um futuro mais resiliente e em harmonia com o meio ambiente e a sociedade.

Referências

AIRPORTS COUNCIL INTERNATIONAL. **The impact of COVID-19 on airports-and the path to recovery**. 2023. Disponível em: <https://aci.aero/2023/02/22/the-impact-of-covid-19-on-airportsand-the-path-to-recovery-industry-outlook-for-2023/#:~:text=Outlook%20for%202023%20and%20beyond,rates%20are%20felt%20across%20economies>. Acesso em 03 jun. 2023.

CASAGRANDE, T. O.. **Análise Comparativa dos Terminais Aeroportuários Certificados Leed, como Referência para Aeroportos Públicos Brasileiros**. Aspectos Ambientais em Aeroportos (Ano 2017/2018). Superintendência de Meio Ambiente, DFMA, Brasília, DF, 2018.

DUTRA, M. T. D.. **Desenvolvimento de um índice de sustentabilidade hidroambiental em bacia hidrográfica: o caso da bacia do rio Capibaribe, Pernambuco**. Tese de Doutorado – Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação Engenharia Civil, Recife – PE, 2017.

FROUFE, M. M.; MELLO, L. C. B. de B.; SOARES, C. A. P. **Indicadores de sustentabilidade em canteiros de obras, segundo o PBQP-h**. Brazilian Journal of Development, Curitiba, PR, v. 6, n. 3, p. 10149-10163, mar. 2020.

LIMA, L. DE O.; PEREIRA, A. L. F. F.; MACHADO, A. P. DE A.; SIQUEIRA, B. P.; LUCENA, C. M. L.. **Identificação de aspectos e impactos ambientais na construção de uma escola de tempo integral, localizada na cidade de Sobral-CE**. Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Campina Grande – PB, 2016.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Os objetivos de desenvolvimento sustentável**. 2015.

PHILIPPI JUNIOR, ARLINDO; MALHEIROS, TADEU FABRÍCIO. **Indicadores de Sustentabilidade e Gestão Ambiental**. Editora Manole Ltda, Barueri – SP, 2013.

SCRUCA, F.; INGRAO, C.; BARBERIO, G.; MATARAZZO, A.; LAGIOIA, G.. **On the role of sustainable buildings in achieving the 2030 UN sustainable development goals**. Environmental Impact Assessment Review, Volume 100, 107069, 2023.

VECHI, N. R. G.; GALLARDO, A. L. C. F.; TEIXEIRA, C. E.. **Aspectos ambientais do setor da construção civil: Roteiro para a adoção de sistema de gestão ambiental pelas pequenas e médias empresas de prestação de serviços**. Revista Eletrônica Sistema & Gestão, n° 11, pp 17-30, 2016.

VILLEGAS, M. INÉS V.; CADAVID, L.; AWAD, G.. **Metodología para evaluación de impacto ambiental de proyectos de infraestructura em Colombia**. Ciencia e Ingeniería Neogranadina, vol. 28, n° 2, pp. 121-156, 2018.

Esse manual é parte integrante da dissertação de Mestrado do Engenheiro Civil e Especialista em Gestão de Projetos Márcio Carneiro Boaventura, de título Aspectos e Impactos Ambientais de Obras de Infraestrutura do Aeroporto Internacional do Recife – Pernambuco – Brasil, sendo o mesmo o produto educacional obrigatório para o Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental a nível de Mestrado Profissional em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco.

Para contato com o autor:   

