



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Metodologia para avaliação ambiental em
edificações antárticas

Dielly Christine Guedes Montarroyos

Dielly Christine Guedes Montarroyos

Metodologia para avaliação ambiental em
edificações antárticas



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Dielly Christine Guedes Montarroyos

Metodologia para avaliação ambiental em edificações antárticas

Tese de doutoramento

Sustentabilidade do Ambiente Construído

Trabalho efetuado sob a orientação do(a)

Professor Doutor Luís Manuel Bragança Miranda Lopes

Professora Doutora Cristina Engel de Alvarez

Setembro de 2021

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição-NãoComercial-SemDerivações

CC BY-NC-ND

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

AGRADECIMENTOS

À Profª Drª Cristina Engel de Alvarez, agradeço pelas orientações e conversas, pela incansável dedicação nas correções, pelos ensinamentos enriquecedores e, principalmente, pela amizade. Foi um prazer aprender com você durante todos esses anos.

Ao Prof. Dr. Luis Bragança, agradeço pela gentil disponibilidade, pela inestimável colaboração, por acreditar na pesquisa e incentivar a continuidade.

Aos membros da banca, Prof. Dr. Paulo Pereira, Prof. Dr. Miguel Amado, Prof. Dr. Ricardo Mateus e Profª Drª Edna Nico Rodrigues, agradeço pela disponibilidade, a valiosa contribuição e pelo privilégio em tê-los como avaliadores.

Aos professores e funcionários do programa de doutorado, agradeço pelos conhecimentos divididos e pelas contribuições durante esses anos, em especial ao Ricardo Mota, por ser sempre tão prestativo.

Aos amigos da família LPP, em especial Marina, Rhaina, Gleica, Malena, Lohane, Daniela, Anderson, Juliana, Bruna, Stella e Ricardo, agradeço pela disponibilidade e preciosa ajuda em todos os momentos.

Ao meu marido agradeço pelo amor, parceria e incentivo ao crescimento pessoal e profissional e, principalmente, por cuidar tão bem da nossa família.

À minha mãe e ao meu irmão agradeço pelo amor incondicional, apesar de distantes fisicamente, sempre me forneceram o carinho e suporte necessário para prosseguir.

Aos meus amigos, que incentivaram a concretização desse trabalho, em especial ao Erick Monteiro pelo apoio e troca de experiências.

Aos meus familiares agradeço por sempre acreditarem em mim e pelos vários momentos de alegria.

Aos pesquisadores que participaram da pesquisa e a todos aqueles que, incansavelmente, se dedicam à ciência.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

RESUMO

As ferramentas de avaliação da sustentabilidade do ambiente construído conhecidas mundialmente têm sido consideradas um eficiente instrumento para promover a sustentabilidade em edificações considerando às preocupações ambientais, sociais e econômicas. A maioria tem sido estruturada para atender localidades específicas, com pouca flexibilidade de adequação para outras localidades. Observa-se que na Antártica não há ferramenta específica ou um sistema regulamentador que forneça parâmetros para o desenvolvimento de projetos para edificações mais sustentáveis. Sabendo-se da importância da preservação e da necessidade de garantir a presença humana no Continente, a inserção de edificações sem o cumprimento aos requisitos da sustentabilidade, poderia causar consequências irreversíveis para a preservação de seu ambiente, além de interferir nas pesquisas científicas de relevância mundial. Nesse sentido, a pesquisa objetiva a formulação de ferramenta de avaliação ambiental, a partir do SBTool, para o contexto Antártico. Para tanto, a metodologia adotada foi elaborada conforme as seguintes etapas fundamentais: seleção dos indicadores de sustentabilidade; verificação de adequabilidade e validação dos indicadores; definição da metodologia de avaliação e ponderação a partir do levantamento de dados por meio de revisão bibliográfica sobre o Continente antártico; desenvolvimento da ferramenta; teste experimental em estação referencial; e aprimoramentos. Como resultado é apresentada a ferramenta de avaliação ambiental, constituída de indicadores, marcas de referência e sistema de ponderação (pesos) visando a aplicabilidade na etapa de planejamento e projeto para edificações antárticas.

Palavras-chave: ferramentas de avaliação, construções sustentáveis, Antártica.

ABSTRACT

In many countries, the assessment tools are considered efficient instruments to achieve sustainable buildings considering environment, social and economic issues. Most tools have been structured for specific locations and cannot be completely adapted in other settings. It should be noted that in Antarctica there is no assessment method or regulatory instrument that provides parameters for project development and planning of more sustainable buildings. Knowing the importance of environmental protection and the need to guarantee the human presence in the continent, the construction of building without compliance with sustainability requirements could have irreversible consequences for the preservation of the environment, in addition, it can interfere in scientific research of worldwide relevance. In this matter, the research aims to create an environmental assessment tool, from SBTool, for the specific context of Antarctica. For these, the methodology was elaborated according to the following fundamental steps: selection of sustainability indicators; verification of suitability and validation of indicators; definition of the assessment methodology and weighting system based on data collection through literature review on the Antarctic continent; assessment tool development; experimental test in a referential station; and enhancements. As expected, it was shown the environmental assessment tool, with indicators, benchmarks and weighting system (weights) allowing the applicability in the planning stage for Antarctic buildings.

Keyword: sustainable assessment method; sustainable construction, Antarctica.

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Objetivos.....	6
1.2	Organização da Tese de Doutorado	6
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	8
2.1	Antártica	8
2.1.1	Protocolo de Madri.....	10
2.1.2	Avaliação de Impacto Ambiental	11
2.1.3	Análise dos relatórios de Avaliação de Impacto Ambiental para construção civil na Antártica.....	15
2.1.4	Considerações sobre as Avaliações de impacto ambiental.....	20
2.2	Construção sustentável	21
2.2.1	Sistemas de avaliação da sustentabilidade.....	25
2.2.2	Ferramentas de avaliação da sustentabilidade	28
2.2.3	Sistemas de pesos, pontuação e entrega dos resultados	36
2.2.4	Adaptação das ferramentas para contexto mundial	38
2.2.5	Considerações sobre a adaptação e utilização das ferramentas na Antártica	41
2.2.6	Adaptação do SBTool para o contexto antártico.....	42
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS PARA DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO SBTOOL ANTÁRTICA/ AMBIENTAL	47
3.1	Etapa 1 - Seleção de indicadores	48
3.1.1	Atualização e inclusão	49
3.1.2	Recorte	50
3.1.3	Verificação dos indicadores	51
3.2	Etapa 2 – Estabelecimento do sistema de ponderação	52
3.2.1	Algoritmo do sistema interno	53
3.2.2	Quadro de pontuação	53
3.2.3	Atribuição de pesos.....	54
3.2.4	Definição das versões.....	57

3.3	Etapa 3 – Desenvolvimento da ferramenta	58
3.3.1	Estrutura de avaliação	58
3.3.2	Apresentação dos resultados de avaliação	59
3.4	Etapa 4 – Aplicação da ferramenta.....	60
4	RESULTADOS DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO SBTOOL ANTÁRTICA/ AMBIENTAL	61
4.1	Atualização e inclusão de indicadores.....	61
4.2	Recorte da lista	63
4.3	Verificação dos indicadores	71
4.3.1	Categoria “Relações entre o edifício e o entorno”	72
4.3.2	Categoria “Água”	74
4.3.3	Categoria “Energia”	77
4.3.4	Categoria “Materiais”	79
4.3.5	Categoria “Resíduos”	82
4.3.6	Categoria “Cargas ambientais”	84
4.3.7	Apresentação da lista final de indicadores.....	85
4.4	Processos de ponderação da ferramenta	87
4.4.1	Desenvolvimento do quadro de pontuação.....	87
4.4.2	Análise dos resultados iniciais da pesquisa	92
4.4.3	Resultados da relevância dos indicadores	94
4.4.4	Resultados das variáveis do sistema interno da ferramenta	95
4.4.5	Determinação dos pesos dos indicadores	100
5	FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DE SBTOOL ANTÁRTICA/ AMBIENTAL	104
5.1	Apresentação da ferramenta	104
5.2	Dados internos dos indicadores.....	105
5.2.1	Relações entre o edifício e o ambiente	106
5.2.2	Água	111
5.2.3	Energia	115

5.2.4 Materiais e sistemas construtivos	118
5.2.5 Resíduos	125
5.2.6 Cargas ambientais	129
5.3 Apresentação dos resultados	132
6 APLICAÇÃO DA FERRAMENTA: ESTUDO DE CASO NA ESTAÇÃO ANTÁRTICA COMANDANTE FERRAZ	134
6.1 A Estação Antártica Comandante Ferraz – EACF	134
6.1.1 Antecedentes	134
6.1.2 Caracterização das novas edificações da EACF	135
6.2 Resultados obtidos com a aplicação da ferramenta SBTool Antártica/Ambiental.....	136
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	146
8 REFERENCIAS.....	149
ANEXO I - Assessing the envirntal impacts of construction in Antarctica	i
ANEXO II - <i>Methodology for environmental assessment in Antarctic building</i>	ii
ANEXO III - Resultados da pesquisa	iii
ANEXO IV – Manual de preenchimento da pesquisa	xiii
ANEXO V – Dados do sistema de ponderação	xix
ANEXO VI – Projeto Arquitetônico da Estação Antártica Comandante Ferraz	xxv

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estrutura da tese	4
Figura 2. Procedimentos exigidos para preparação e entrega dos EIAs	14
Figura 3. Quantitativo de relatório de IEE e CEE de 2006 a 2017	16
Figura 4. Quantitativo das atividades apresentadas nos relatórios IEE de 2006 a 2017	17
Figura 5. Proposta de alteração dos procedimentos Avaliação Ambiental Abrangente (CEE)	21
Figura 6. Estrutura hierárquica das ferramentas de avaliação	35
Figura 7. Síntese da metodologia proposta.....	47
Figura 8. Esquema básico do processo de obtenção dos indicadores	49
Figura 9. Procedimentos de atualização de indicadores.....	50
Figura 10. Conteúdo proposto para a ferramenta	58
Figura 11. Escalas de desempenho	60
Figura 12. Resultados com relação à formação acadêmica e quantidade de visitas à Antártica	93
Figura 13. Resultados da pesquisa sobre o nível de conhecimento quanto aos métodos e sistemas de avaliação da sustentabilidade em edificações.....	93
Figura 14. Resultados do nível de relevância atribuído pelos pesquisadores.....	94
Figura 15. Apresentação da pesquisa – etapa de avaliação dos indicadores	95
Figura 16. Gráfico com os pesos das versões da ferramenta por categorias.....	102
Figura 17. Gráfico com os pesos das versões da ferramenta por indicador	102
Figura 18. Apresentação do SBTool Antártica/ Ambiental – aba ferramenta de avaliação.....	105
Figura 19. Exemplo de apresentação do relatório com a síntese dos resultados obtidos no uso da ferramenta	132
Figura 20. Vista geral da obra e dos MAEs durante a construção da estação	136

Figura 21. Resultado final pontuação por categoria e por indicador	138
Figura 22. Transferência dos musgos	139
Figura 23. Vista lateral da EACF.....	140
Figura 24. Pré-montagem do bloco Leste na China	141
Figura 25. Posicionamento dos painéis solares	144

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Estações científicas de funcionamento anual	9
Quadro 2. Procedimentos para avaliação ambiental segundo níveis de impacto	12
Quadro 3. Avaliação Ambiental Abrangente de construção e operação.....	18
Quadro 4. Dimensões e áreas da sustentabilidade	24
Quadro 5. Sistemas de avaliação da sustentabilidade.....	27
Quadro 6. Terminologia e definições	29
Quadro 7. Benefícios e barreiras das ferramentas de avaliação	30
Quadro 8. Síntese das ferramentas de avaliação	33
Quadro 9. Sistematização das categorias	34
Quadro 10. Quadro de pontuação do SBTool	44
Quadro 11. Critérios para recorte da lista de indicadores	51
Quadro 12. Pontuação do Grau de Impacto (GI).....	55
Quadro 13. Versões da ferramenta segundo pontuação do Efeito local	57
Quadro 14. Marcas de referência.....	59
Quadro 15. Quadro analítico de inclusão dos indicadores.....	61
Quadro 16. Revisão dos indicadores da categoria “Relações entre o edifício e o entorno”	63
Quadro 17. Revisão dos indicadores da categoria “Água”	65
Quadro 18. Revisão dos indicadores da categoria “Energia”	66
Quadro 19. Revisão dos indicadores da categoria “Materiais”	67
Quadro 20. Revisão dos indicadores da categoria “Resíduos”	68
Quadro 21. Revisão dos indicadores da categoria “Cargas ambientais”	70
Quadro 22. Lista de indicadores após o recorte segundo os critérios estabelecidos.....	71

Quadro 23. Abordagem dos indicadores nos relatórios –“Relações entre o edifício e o entorno”	72
Quadro 24. Abordagem dos indicadores nos relatórios –“Água”	75
Quadro 25. Abordagem dos indicadores nos relatórios –“Energia”	77
Quadro 26. Abordagem dos indicadores nos relatórios –“Materiais”	79
Quadro 27. Abordagem dos indicadores nos relatórios –“Resíduos”	83
Quadro 28. Abordagem dos indicadores nos relatórios –“Cargas ambientais”	84
Quadro 29. Apresentação das categorias e dos indicadores	86
Quadro 30. Definição dos requisitos de avaliação ambiental.....	88
Quadro 31. Parâmetros de duração do impacto segundo os relatórios CEE	89
Quadro 32. Parâmetros de extensão e intensidade do impacto segundo os relatórios CEE	90
Quadro 33. Parâmetros de probabilidade do impacto segundo os relatórios CEE	90
Quadro 34. Parâmetros e pontuação específica para a Antártica	91
Quadro 35. Parâmetros de maior incidência na categoria “Relações entre o edifício e o ambiente”	96
Quadro 36. Parâmetros de maior incidência na categoria “Água”	97
Quadro 37. Parâmetros de maior incidência na categoria “Energia”	98
Quadro 38. Parâmetros de maior incidência na categoria “Materiais e sistemas construtivos”	98
Quadro 39. Parâmetros de maior incidência na categoria “Resíduos”	99
Quadro 40. Parâmetros de maior incidência na categoria “Cargas ambientais”	99
Quadro 41. Adoção dos parâmetros e valores para as variáveis do sistema interno.....	100
Quadro 42. Apresentação da quantidade de indicadores por categoria	101
Quadro 43. Setorização da EACF	135
Quadro 44. Resultados da avaliação da EACF	136

LISTA DE SIGLAS

ATCM – *Antarctic Treaty Consultative Meeting*

AAA – Avaliação Ambiental Abrangente

AAI – Avaliação Ambiental Inicial

AIA – Avaliação de Impacto Ambiental

BREEAM – *Building Research Establishment Environmental Assessment Method*

CASBEE – *Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency*

CIRM – Comissão Interministerial para os Recursos do Mar

CIB – *Conseil International du Bâtiment*

CEE – *Comprehensive Environmental Evaluation*

COMNAP – *Council of Managers of National Antarctic Programs*

CSD – Comissão de Desenvolvimento Sustentável

DESA – *Department of Economic and Social Affairs*

EIA – *Environmental Impact Assessment*

EACF – Estação Antártica Comandante Ferraz

GBC – *Green Building Challenge*

GBTool – *Green Building Tool*

IEE – *Initial Environmental Evaluation*

iiSBE – *International Initiative for Sustainable Built Environment*

ISO – *International Organization for Standardization*

LEED – *Leadership in Energy and Environmental Design*

PA – *Preliminary Assessment*

PROANTAR – Programa Antártico Brasileiro

SBE – Sustainable Built Environment

SBTool – *Sustainable Building Tool*

STA – Secretaria do Tratado da Antártica

USGBC – Conselho de Edificações Sustentáveis dos Estados Unidos

LCA – *Life Cycle Analysis*

1 INTRODUÇÃO

Desenvolvidas para confirmar o atendimento das edificações aos princípios da sustentabilidade e aos requisitos de desempenho para o qual foram projetadas (Kibert, 2005), as ferramentas de avaliação são consideradas, por diversos países, estratégias eficazes para o planejamento e verificação de construções mais sustentáveis (Al-Jebouri et al., 2017).

Em centros urbanos, as diretrizes inerentes às ferramentas, entre outros aspectos, podem colaborar com a resolução de problemas construtivos, redução do consumo energético, melhoria da qualidade de vida dos usuários (Doan et al., 2017), diminuição dos impactos ambientais ocasionados pelas atividades da construção civil e gerenciamento do custo das operações (Ali e Al Nsairat, 2009; Darko et al., 2017). Essas podem atuar como um instrumento que afere o quão sustentável a construção se apresenta, além de apontar as questões que permitem aperfeiçoá-la (Forsberg e Vonmalmborg, 2004; Awadh, 2017).

Nos últimos anos, observa-se um aumento na quantidade de ferramentas disponíveis no mercado. Organizações, grupos de pesquisa e profissionais da construção civil têm ampliado esforços para a formulação desses instrumentos (Haapio e Viitaniemi, 2008; He et al., 2018) com o objetivo maior de oferecer uma metodologia clara, prática e flexível, capaz de contribuir para a sustentabilidade em diferentes tipos de situações e edificações (Bragança et al., 2010). Estima-se que desde a criação do primeiro instrumento de avaliação por indicadores – o BREEAM - *Building Research Establishment Environmental Assessment Method* – foram registradas mais de 600 ferramentas (Politi e Antonini, 2017).

Apesar do grande número de ferramentas disponíveis, poucas são mundialmente reconhecidas ou servem de modelo de avaliação e parâmetro para a obtenção do desenvolvimento sustentável (Nguyena e Altan, 2011). A maioria das ferramentas tem sido estruturada para atender localidades específicas (Alyami e Rezgui, 2012; Al-Jebouri et al., 2017), a partir de valores e ponderações relacionadas com as prioridades nacionais ou locais dos países de autoria (Cole, 2010). A adequação dessas ferramentas para outras localidades é um processo demorado por demandar ajustes ao contexto e aos princípios da sustentabilidade na região e, de acordo com Castro et al. (2017) a aplicação da ferramenta sem adaptação pode causar avaliações equivocadas.

Considerada a primeira ferramenta de avaliação da sustentabilidade de uso global (Ding, 2008), o *Sustainable Building Tool* – SBTTool – abrange temas que permite a avaliação de edificações, projetos ou áreas urbanas considerando temas como energia, água, qualidade do ar interior, qualidade dos serviços, aspectos sociais, econômicos e culturais, entre outros (Larsson, 2016).

Essa foi por anos a única ferramenta desenvolvida para ser adaptada em outras regiões (Andrade e Bragança, 2016). Para isso, no sistema do SBTool, há a permissão para alterações nos itens da ferramenta a fim de promover ajustes pertinentes às condições do país de utilização (Fekry et al., 2014). Deste modo, pode-se afirmar que a abrangência de critérios compostos pelo SBTool foi programada visando compreender todas as dimensões da sustentabilidade, e inclusive possibilitar avaliações em locais onde não há métodos de avaliação (Ding, 2008), a exemplo da Antártica.

Citada por diversos autores como a região mais remota, fria, alta, ventosa, seca, desértica, distante e menos habitada (Child, 1988; IUCN, 1991; Alvarez, 2007), a Antártica apresenta uma das condições mais inóspitas para a habitabilidade do planeta. Se este fator já não justificasse a necessidade da adaptação de ferramentas de avaliação da sustentabilidade para o local, o continente ainda se destaca por sua sensibilidade ambiental e sua importância científica e econômica (Alvarez, 2014). Assim, o planejamento e execução de edificações na Antártica se caracteriza como um processo desafiador.

Entre os condicionantes que influenciam no processo de construção de edificações estão: água em estado sólido; temperaturas muito baixas; baixo índice de precipitação; baixo índice de umidade absoluta; longos períodos de ausência de sol ou de radiação solar; ventos fortes; uso de energias oriundas de combustíveis fósseis; fauna e flora sensíveis às intervenções humanas; ausência de matéria prima local, dificuldade de mão de obra qualificada; ausência ou deficiência de equipamentos de apoio para as construções e manutenções; dependência de sistemas logísticos; local ambientalmente protegido; sensibilidade ambiental à deposição de resíduos; rápidas alterações meteorológicas; sensibilidade às emissões de substâncias nocivas, dentre outros. Também devem ser considerados os aspectos de difícil mensuração e que, eventualmente, não causam poluição ou geram resíduos, mas que possuem valor ambiental agregado, como por exemplo, a paisagem, incluindo nesse aspecto, também a paisagem sonora (Montarroyos et al., 2018).

Ocorre que o continente é palco de pesquisas científicas cujos resultados têm implicância mundial, como por exemplo, as pesquisas do ambiente marinho e o potencial de biomassa; os estudos sobre as alterações e previsões climáticas, incluindo o monitoramento relacionado às mudanças climáticas globais; além de investigações sobre a presença de compostos antitumorais nas algas antárticas que podem contribuir para cura de tipos específicos de câncer (UCS, 2016). Essas, entre outras pesquisas científicas realizadas, dependem da continuada presença humana no local e exigem que o ambiente permaneça sem interferências que possam comprometer o frágil ecossistema da Antártica (Alvarez, 2014).

Assim, em concordância com a importância científica e a necessidade de preservação do Continente, em 1991, 26 países assinaram o Protocolo ao Tratado da Antártica – Protocolo de Madri. Tal documento é usado como

referência e direciona os países membros à uma discussão prioritariamente ambiental, tratando entre outros aspectos, da proibição de atividades de exploração, determinando a Antártica como um território científico e com rigorosa proteção ambiental (SAT, 2016).

Apesar de ser protegida legalmente pelo Protocolo de Madri, entre outras legislações, o crescente número de edificações e indivíduos interessados no Continente (turistas e pesquisadores) aumenta as ameaças à integridade ecológica e a vulnerabilidade das áreas de proteção (Shaw et al., 2014).

Adverte-se, ainda, que houve um aumento substancial no número de edificações na Antártica nos últimos anos. Até o ano de 2017, foram catalogadas 104 edificações ao longo do continente (SCAR, 2014; COMNAP, 2017), no qual, segundo o Conselho de Gerentes de Programas Antárticos Nacionais – do inglês *Council of Managers of National Antarctic Programs* (COMNAP) –, 76 são estações científicas de até 32.750m² de área coberta (COMNAP, 2017).

Nesse contexto, até o ano de publicação desse catálogo, apenas 11 países submeteram relatórios de avaliação de impacto ambiental abrangente para proceder à construção de estações científicas minimamente de baixo impacto ambiental. Uma vez que todas as atividades da construção civil devem proceder à essas avaliações, a incompatibilidade do número de estações edificadas na Antártica nos últimos anos com a quantidade de relatórios publicados, sinaliza um aspecto falho no controle da integridade ambiental do Continente (Montarroyos et al., 2018).

O conteúdo do Protocolo de Madri pontua fatores que buscam favorecer a implantação de edificações com soluções adequadas à minimização dos impactos ambientais por meio da elaboração e encaminhamento desses relatórios de impacto ambiental. No entanto, não há diretrizes efetivas para a elaboração de projetos para as novas edificações, contendo apenas recomendações genéricas e com pouca ou nenhuma interferência no processo projetual e construtivo (Montarroyos et al., 2015).

Sabendo-se da importância da preservação, da necessidade de garantir a presença humana no continente, e que o Protocolo se mostrou insuficiente para direcionar à execução, operação e manutenção de estações científicas de menor impacto ambiental, a inserção de edificações sem o cumprimento aos requisitos da construção ambientalmente responsável, pode causar consequências desastrosas para a preservação de seu ambiente, além de interferir nas pesquisas científicas lá desenvolvidas (Montarroyos, 2015).

Ressalta-se que a formulação de procedimentos direcionados à construção de edificações antárticas pode também servir de apoio à atualização do conteúdo do Protocolo, possibilitando aperfeiçoar as edificações existentes; planejar construções em concordância com os condicionantes antárticos minimizando efeitos

danosos no ambiente natural, na paisagem e/ou nos usuários; estimular o uso cauteloso dos recursos naturais; contribuir para a seleção de materiais mais resistentes, duráveis e compatíveis com a agressividade do meio ambiente antártico; induzir as medidas preventivas relacionadas à produção e destinação dos resíduos; diminuir as cargas ambientais; favorecer o conforto e a defesa da integridade física dos ocupantes; e a contribuir para a viabilidade econômica através do adequado investimento realizado pelos países de origem das edificações antárticas.

No âmbito acadêmico, destaca-se, ainda, o ineditismo e a importância no desenvolvimento de uma metodologia de avaliação ambiental, com base na ferramenta SBTool, para o específico contexto Antártico. Assim, com a finalidade de facilitar o entendimento, a **Figura 1** estabelece, de forma sintetizada, a estrutura da investigação da tese.



Figura 1. Estrutura da tese

O desafio da proposta se insere, principalmente, diante da grande quantidade de informações necessárias para a aplicabilidade da ferramenta SBTool em combinação com os aspectos locais singulares de uma das áreas mais remota do planeta. Considerando a abrangência dos temas tratados, foi estabelecido o recorte da pesquisa, conforme a seguir detalhado:

- ▶ Localidade específica: Antártica.
- ▶ Utilizadores: profissionais da construção civil (arquitetos, engenheiros, construtores e consultores).
- ▶ Etapa do ciclo de vida da edificação: planejamento e projetos de edificações.
- ▶ Tipo de edifício: estações científicas, módulos emergenciais e edificações de apoio.
- ▶ Ferramenta base: SBTool.
- ▶ Dimensão: Ambiental.

Em síntese, as premissas que direcionam a elaboração desta tese são:

- ▶ As ferramentas de avaliação têm contribuído mundialmente para promover edificações mais sustentáveis (Al-Jebouri et al., 2017);
- ▶ O SBtool tem se mostrado uma ferramenta eficiente e de passível adaptação para outros contextos (Cole e Larsson, 2002);
- ▶ Está ocorrendo um aumento na quantidade de edificações no Continente (COMNAP, 2017) e esse aumento pode ser danoso ao ambiente antártico podendo impactar negativamente nas pesquisas científicas em curso (Montarroyos et al., 2015);
- ▶ Na Antártica não há diretrizes específicas que direcione para o planejamento, execução e manutenção de edificações de menor impacto ambiental (Montarroyos et al., 2015); e
- ▶ Os indicadores podem contribuir para a padronização e aprimoramento dos principais instrumentos de regulamentação de impacto ambiental na Antártica (Montarroyos et al., 2019).

Nesse contexto, considerando que na revisão bibliográfica foi identificado que a ferramenta SBTool é flexível e com grande potencial de adaptação para a condição extrema e atípica que representa o ambiente antártico, a hipótese para a formulação da tese está relacionada à possibilidade de oferecer ao projetista e profissional da construção civil um método de avaliação de sustentabilidade, especialmente na dimensão ambiental, adaptada da ferramenta SBTool, que de forma prática, clara e acessível, contribua para avaliação das edificações antárticas na etapa de planejamento e projeto.

No sentido mais amplo, a partir da criação da ferramenta, espera-se facilitar, entre outros aspectos: a implantação e setorização de edificações na Antártica de forma mais adequada aos condicionantes do Continente; estabelecimento de estratégias projetuais para redução do consumo de recursos naturais e combustíveis fósseis; planejamento que resultem na baixa geração de resíduos e na diminuição das cargas ambientais da edificação; seleção de materiais e sistemas mais sustentáveis e compatíveis com os condicionantes locais; tomadas de decisão na etapa de projeto que promovem a preservação do ambiente natural e das espécies, entre outros.

Espera-se, ainda, que a ferramenta proposta possa servir como parâmetro de monitoramento das edificações, certificadas ou não, na etapa de operação, visto ser desejável que as previsões de projeto possam ser aferidas ao longo do tempo.

1.1 Objetivos

A proposta desta pesquisa tem como principal objetivo a formulação de metodologia para avaliação ambiental, a partir do SBTool, para edificações na Antártica. O desenvolvimento do trabalho foi estruturado para possibilitar, especialmente na etapa de projeto, a avaliação e o planejamento de edificações alicerçadas no conceito de sustentabilidade, tendo em vista a vulnerabilidade ambiental e as especificidades do local estudo de caso.

Para a concretização do objetivo proposto, os objetivos específicos foram definidos como:

- ▶ **Definir a metodologia de avaliação:** realizar a revisão bibliográfica acerca dos aspectos relacionados à sustentabilidade do ambiente construído, com especial direcionamento às ferramentas de avaliação de sustentabilidade; analisar as metodologias de avaliação da sustentabilidade na construção civil, com ênfase para o SBTool e as estratégias adotadas nos processos de adaptações para outras localidades; e levantar os condicionantes ambientais e legais, fatores limitantes e potencialidades que podem influenciar no processo de adaptações da ferramenta de avaliações global para o contexto antártico.
- ▶ **Selecionar, propor, verificar e aprimorar os indicadores:** estudar e identificar os indicadores das ferramentas de avaliação considerados fundamentais para a sustentabilidade no Continente antártico, com proposição da lista preliminar de indicadores e respectiva ponderação (pesos); verificar e validar a viabilidade e aplicabilidade desses na etapa de planejamento e projeto.
- ▶ **Desenvolver a ferramenta de avaliação ambiental:** desenvolver a ferramenta específica para o continente Antártico visando seu uso de forma facilitada por projetistas e demais profissionais da construção civil.
- ▶ **Aplicar a ferramenta:** avaliar a exequibilidade e aplicabilidade da ferramenta para identificação de falhas e eventual proposta de aprimoramentos.

1.2 Organização da Tese de Doutorado

A tese de doutorado foi estruturada em 6 capítulos, de acordo com os seguintes conteúdos:

O **capítulo 1** trata o tema da tese, contemplando a introdução – onde é realizada a contextualização da pesquisa –, apresentação dos objetivos gerais e específicos, lançamento da hipótese e estrutura organizacional

do trabalho. O capítulo busca elucidar a temática proposta, esclarecendo a relevância do tema e da necessidade de desenvolvimento da ferramenta para a Antártica.

O **capítulo 2** apresenta, o local estudo de caso, a Antártica, e suas principais características. Nele são apresentadas as peculiaridades do continente, suas características locais, e as diversas variáveis relacionadas aos fatores limitantes e potencialidades que podem interferir no processo de desenvolvimento da ferramenta de avaliação de sustentabilidade no local. Apresenta, ainda, os conceitos atrelados à sustentabilidade no ambiente construído, com foco nas ferramentas de avaliação de sustentabilidade reconhecidas, explanando os métodos de avaliação e adaptação dessas ferramentas, bem como o entendimento de seus processos de ponderação da ferramenta base da tese, o SBTool.

O **capítulo 3** apresenta os procedimentos metodológicos adotados para a obtenção do resultado, com a definição das estratégias e critérios utilizados para o estabelecimento da proposta de ferramenta, com ênfase para os aspectos relacionados à proposição de indicadores, marcas de referência e sistema de ponderação (pesos).

O **capítulo 4** compreende a apresentação e organização da estrutura e da metodologia base para o desenvolvimento da ferramenta de avaliação para edificações antárticas, bem como a apresentação dos resultados obtidos na pesquisa. Assim, nesse capítulo, destacam-se os resultados obtidos a partir da pesquisa com os especialistas, onde também foram definidos os componentes do sistema, os indicadores e as marcas de referência, bem como explicitados do esclarecimento os procedimentos de ponderação.

O **capítulo 5** apresenta a metodologia de avaliação da sustentabilidade na dimensão ambiental proposta pelo trabalho, contemplando a exposição dos dados internos e detalhamento de todos os indicadores e categorias com seus respectivos pesos.

No **capítulo 6**, demonstra-se a aplicação da metodologia com a apresentação do teste experimental da ferramenta com base na edificação referencial (a Estação Antártica Comandante Ferraz), estudo da viabilidade de utilização pelos profissionais da construção civil e considerações acerca do emprego da ferramenta.

No **capítulo 7** estão as considerações finais, análise do cumprimento dos objetivos da tese, comprovação da hipótese, conclusões oriundas do desenvolvimento do trabalho de investigação e indicação de aprimoramentos ou temas para a continuidade da pesquisa a partir da identificação de lacunas.

Ao final, são relacionadas as referências utilizadas na tese de doutoramento e anexos contendo os questionários e dados adicionais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A preparação do capítulo de revisão bibliográfica, ou estado da arte, tem como objetivo abranger o conhecimento a respeito da Antártica e das ferramentas de avaliação da sustentabilidade no ambiente construído. Para a presente tese foi abordada a temática das ferramentas de avaliação iniciando com o entendimento do conceito de construção sustentável.

2.1 Antártica

A Antártica, conhecida como a região mais remota, fria, alta, ventosa, seca, desértica, distante e menos habitada apresenta uma das piores condições de habitabilidade do planeta e se destaca por sua sensibilidade ambiental e sua importância científica (Alvarez, 2014). Sem população nativa ou sistema monetário estabelecido, os interesses que atualmente motivam a ocupação na Antártica estão vinculados, principalmente, ao interesse científico, não podendo, no entanto, serem desconsiderados os interesses estratégico e econômico.

A Antártica é palco de pesquisas científicas cujos resultados têm implicância mundial, como por exemplo, as pesquisas do ambiente marinho, os estudos sobre as alterações e previsões climáticas, além de investigações que podem conduzir a importantes descobertas farmacológicas, como por exemplo, as pesquisas sobre a presença de compostos antitumorais nas algas antárticas que podem contribuir para cura de tipos específicos de câncer (UCS, 2016), entre outros estudos em diversas áreas do conhecimento. Observa-se, ainda, que a condição de inospicidade, fragilidade ambiental e isolamento incentivam, também, as pesquisas na área de construção civil, visto a possibilidade de realizar medições sem a interferência de poluentes ou mesmo isolar fenômenos pela ausência de relação com outras edificações ou infraestrutura urbana. A maioria das pesquisas, geralmente, dependem da continuada presença humana no local e exigem que o ambiente permaneça sem interferências que possam comprometer o frágil ecossistema antártico (Alvarez, 2014).

Visando a continuidade das pesquisas científicas no Continente, 30 países fizeram investimentos para a construção de edificações científicas. Segundo o último relatório do Conselho de Gestores do Programa Antártico Nacional, *Council of Managers of National Antarctic Programs* (COMNAP, 2017), na Antártica há um total de 76 edificações destinadas à ciência, sendo: 40 estações de funcionamento anual (**Quadro 1**) e 36 sazonal. Destaca-se que não há na legislação uma determinação do limite máximo de construções por país ou área máxima construída, sendo a decisão por autorizar ou não uma nova edificação condicionada, principalmente, à comprovação de medidas em relação ao provável impacto ambiental.

Com base no relatório estima-se que a população permanente da Antártica é de 3.989 pessoas, podendo chegar à 4.864 pessoas no verão, desconsiderando os visitantes transitórios e turistas. Ainda, acredita-se que

a quantidade de habitantes seja maior, uma vez que no relatório não foram consideradas as reformas e ampliações realizadas ao longo dos anos.

Quadro 1. Estações científicas de funcionamento anual

Nome	País	Ano	Área	Nº Máximo de Ocupantes
Sanae Iv	África Do Sul	1997	4.000	80
Neumayer Iii	Alemanha	*	4.890	60
Belgrano Ii	Argentina	1979	578	20
San Martin	Argentina	1951	1.429	21
Orcadas	Argentina	1903	2.101	65
Carlini	Argentina	1953	2.371	80
Esperanza	Argentina	1952	3.877	90
Marambio	Argentina	1969	5.208	165
Mawson	Austrália	1954	6.000	53
Casey	Austrália	1990	8.000	99
Davis	Austrália	1935	8.000	91
Ferraz	Brasil	1984	980	66
Pratt	Chile	1947	1.500	30
O'higgins	Chile	1948	3.000	60
Pr. Julio Escudero	Chile	1975	4.000	90
Frei	Chile	*	5.000	150
Great Wall	China	*	4.082	60
Zhongshan	China	*	7.436	60
King Sejong	Coreia	1988	4.318	68
Jang Bogo	Coreia	2014	4.661	62
Palmer	Estados Unidos	1965	2.197	46
Amundsen-Scott	Estados Unidos	1957-2008	16.107	153
Mcmurdo	Estados Unidos	1955	32.750	1200
Dumond Dürville	França	1958	4.815	90
Concordia	França/Itália	1999	3.605	80
Maitri	Índia	1983	1.030	65
Bharati	Índia	2012	2.900	47
Syowa	Japão	1957	7.480	130
Troll	Noruega	1990	1.500	70
Scott Base	Nova Zelândia	1958	4.000	86
Henryk Arctowski	Polônia	1977	1.800	40
Halley Vi	Reino Unido	2017	2.000	52
Rothera	Reino Unido	1975	7.200	136
Vostok	Rússia	1957	6.00	30
Novolazarevskaya	Rússia	1961	1.000	70
Bellingshausen	Rússia	1968	1.500	40
Progress	Rússia	1988	1.500	50
Mirny	Rússia	1956	3.000	50
Vernadsky	Ucrânia	1996	1.150	24
Artigas	Uruguai	1984	1.700	60

* Não há informações oficiais sobre o ano de construção.

Fonte: Elaborado a partir de COMNAP (2017)

Apesar dos esforços para continuidade das atividades relacionadas à ciência na Antártica, destaca-se que nos primórdios da ocupação da Antártica o interesse não era científico, visto que inicialmente, a ocupação do Continente era motivada pelo interesse econômico e territorialista. Os primeiros navegadores chegaram na

região interessados na caça de animais de grande importância comercial na época, tais como as focas e baleias (Pereira e Kirchhoff, 1992), e impulsionados pela possibilidade de conquista de novos territórios (Santos, 2014).

Em 1895, promovidas pelo Congresso Geográfico Internacional, surgiram as primeiras discussões que despertaram o interesse científico no Continente. Entretanto, as grandes expedições à Antártica, ainda que impulsionada pelo interesse científico, culminaram em disputas territorialistas entre nações (Santos, 2014). Assim, diante dos conflitos que ocorreram no século XIX, em 1959 foi estabelecido o Tratado da Antártica, acordado por 12 países promovendo a consagração de paz no Continente num prazo de 30 anos (SAT, 2016). Os países reconheceram “[...] ser de interesse de toda a humanidade que a Antártica continue para sempre a ser utilizada exclusivamente para fins pacíficos e não se converta em cenário ou objeto de discórdias internacionais” (SAT, 2016, p.36).

Decorridos os trinta anos da vigência do Tratado da Antártica, esse foi novamente ratificado passando a valer até o ano de 2041 (SAT, 2016). Nesse sentido, ressalta-se que as principais cláusulas do Tratado foram prorrogadas e a discussão dos países membros passou a ser prioritariamente ambiental, culminando na elaboração do Protocolo de Madri em 1991.

2.1.1 Protocolo de Madri

Em vigor desde 1991, o Protocolo de Madri foi assinado com o objetivo de proteger integralmente o Continente Antártico estabelecendo, entre outras questões, a proibição de atividades exploratórias¹, reforçando a paz e a necessidade de rigorosa proteção ambiental do Continente. A legislação estabeleceu obrigações para todas as atividades planejadas no Continente, como forma de se preservar essa área de proteção e interesse ambiental (Hemmings e Kriwoken, 2010). Para tanto, os artigos do Protocolo de Madri determinam (SAT, 2016):

- ▶ O planejamento e condução de atividades na Antártica devem evitar impactos no meio ambiente, no clima, na área, no ar, na atmosfera, no solo, no gelo, no ambiente marinho e nas espécies, além de evitar degradação ou risco substancial ao ecossistema, à ciência, e aos valores históricos, estéticos ou selvagem do Continente;
- ▶ O planejamento e condução deve conter informações suficientes que permitam a análise e julgamento do impacto, sugerindo a inserção de informações acerca do escopo, área, duração, intensidade do impacto, bem como a identificação de impactos acumulativos;

¹ O termo explorar pode ser definido como tirar proveito financeiro de recursos naturais, enquanto explorar significa pesquisar ou conhecer. Ressalta-se que, apesar do termo explorar se tratar da forma mais comum de abordar o assunto, na tese foi utilizado o termo correto para explicar a proibição do Protocolo de Madri.

- ▶ A apresentação de tecnologias e procedimentos que favoreçam operações ambientalmente seguras; e
- ▶ A exposição de sistemas de monitoramento e identificação de situações que possam representar efeitos nocivos no ambiente, além da divulgação de medidas que assegurem a rápida resposta aos possíveis acidentes.

Assim, um dos principais temas abordados pelo Protocolo de Madri, foi o aprimoramento dos sistemas de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), do original em inglês *Environmental Impact Assessment* (EIA).

2.1.2 Avaliação de Impacto Ambiental

A Avaliação de Impacto Ambiental é um procedimento de identificação, previsão, investigação e mitigação dos possíveis impactos que uma atividade pode exercer no meio ambiente. A avaliação deve acontecer durante a etapa de planejamento e projeto, podendo proceder de diferentes formas, como por meio de matriz de interação, previsão de impactos, análises ou tomada de decisões por órgãos governamentais (Toro et al., 2013).

Reconhecidos e aceites em vários países, os métodos do EIA são baseados em estudos ambientais sistemáticos e contam com a consulta pública para avaliar a execução de projetos (Jay et al., 2007). Os EIAs, nos países onde são instituídos, têm contribuído para o controle do desenvolvimento de projetos de proteção ambiental, formulação de leis ambientais e, principalmente, como ferramenta que auxilia as tomadas de decisões nas diversas esferas administrativas (Morgan, 2012).

Do mesmo modo, na Antártica, o processo de Avaliação de Impacto Ambiental funciona por meio da colaboração internacional, a partir de reuniões anuais, fóruns de consulta, debates e tomadas de decisões sobre assuntos que podem afetar a comunidade global (Bastmeijer e Roura, 2008). As reuniões anuais, denominadas como Reuniões Consultivas ao Tratado da Antártica, do original em inglês *Antarctic Treaty Consultative Meetings* - ATCM, são conduzidas pelo Comitê Consultivo do Protocolo de Madri², formado atualmente por 29 países, que analisam, entre outras questões, os relatórios de impacto ambiental das atividades propostas no Continente.

Antes da execução de qualquer atividade na Antártica – seja construção de novas estações ou desenvolvimento de pesquisas científicas –, o Protocolo de Madri determina às nações a identificação do nível de impacto ambiental, classificando-as em categorias, ou seja: menor que um impacto transitório; igual à um impacto

² O Comitê Consultivo do Protocolo de Madri ou Comitê de Proteção Ambiental – no original em inglês *Committee for Environmental Protection* (CEP) – são representantes dos signatários do Protocolo de Madri, que se reúnem anualmente para deliberar recomendações que culminem na implementação de leis, analisar o cumprimento do Protocolo de Madri e seus anexos, revisar relatórios de impacto ambiental e aconselhar o andamento das atividades planejadas para o Continente, tendo autoridade para estabelecer vetos.

transitório; ou maior que um impacto transitório. A identificação do nível de impacto conduz a nação proponente a três tipos de procedimentos de avaliação ambiental, conforme **Quadro 2** (SAT, 2021). A declaração e o consequente reconhecimento sobre os níveis de impacto de uma atividade são determinantes para a condução e gerenciamento das avaliações ambientais subsequentes (Bastmeijer e Roura, 2008).

Quadro 2. Procedimentos para avaliação ambiental segundo níveis de impacto

Nível de impacto	Procedimentos
Impacto menor que um impacto transitório	Proceder a uma Avaliação Preliminar - <i>Preliminary Assessment</i> (PA)
Impacto igual à um impacto transitório	Proceder a uma Avaliação Ambiental Inicial - <i>Initial Environmental Evaluation</i> (IEE)
Impacto maior que um impacto transitório	Proceder a uma Avaliação Ambiental Abrangente – <i>Comprehensive Environmental Evaluation</i> (CEE)

Fonte: Elaborado a partir de SAT (2016)

Os três procedimentos sugeridos pelo Protocolo de Madri variam de acordo com sua estrutura, meio de publicação e circulação dos relatórios, além dos métodos de avaliação realizados. A Avaliação Preliminar - *Preliminary Assessment* (PA) é desejável, mas não é obrigatória. Sem procedimento padrão definido por protocolo ou instrumento específico, essa avaliação contempla discussões iniciais acerca dos possíveis impactos de menor intensidade e duração (TARASENKO, 2009). Já os relatórios de Avaliação Ambiental Inicial – *Initial Environmental Evaluation* (IEE) – e Avaliação Ambiental Abrangente – *Comprehensive Environmental Evaluation* (CEE) –, diante do aumento do nível de impacto, têm a preparação e publicação exigida de acordo com o Anexo I do Protocolo de Madri. O mesmo documento fornece diretrizes e requisitos mínimos para a entrega dos relatórios (SAT, 2016).

A Avaliação Ambiental Inicial (IEE) é um instrumento de orientação e interesse da nação requerente, com o comprometimento por parte do Comitê de Proteção Ambiental em direcionar os procedimentos das atividades. O artigo 2 do Protocolo de Madri, sobre os requisitos mínimos para a elaboração do IEE, determina a inclusão de informações descritivas como o objetivo, a localização, a duração e a intensidade das atividades, bem como a averiguação dos possíveis impactos (SAT, 2016).

Na Avaliação Ambiental Abrangente (CEE) os relatórios e procedimentos também são exigidos para início das atividades e, além de obrigatórios, devem ser disponibilizados em domínio público e encaminhados ao CEP, que tem a autoridade de os revisar, estabelecer vetos e suspender as atividades. Na preparação dos relatórios de CEE devem ser discutidos também: as prováveis alterações no ambiente; a exposição dos métodos e dados utilizados para prever os impactos; a apresentação da natureza, extensão, duração e intensidade do impacto; a identificação dos impactos indiretos, acumulativos ou inevitáveis; a consideração dos efeitos da atividade; a apresentação de medidas mitigatórias; e a identificação de lacunas e incertezas sobre a condução das

atividades (SAT, 2016). Como é elaborado por nações cuja atividade proposta foi assinalada por um alto risco de impacto no Continente, o CEE conta com um processo de avaliação mais detalhado que requer consultas públicas e participação do Comitê na análise do relatório (Bastmeijer e Roura, 2008).

O processo de validação dos relatórios de CEE é realizado conforme as seguintes etapas: 1) preparação e publicação do esboço ou versão preliminar do CEE; 2) envio do conteúdo para o Comitê para análise do documento pelo menos 120 dias antes nas reuniões anuais consultivas do Tratado da Antártica, paralelo ao envio, disponibilização do conteúdo em domínio público por 90 dias; 3) entrega do relatório final contendo as alterações propostas e os comentários inerentes às modificações realizadas; e 4) disponibilização do relatório em domínio público pelo menos 60 dias antes do início das atividades para análise dos signatários. Nenhuma atividade pode ser realizada, ou chegar a versão final, sem a revisão e avaliação do documento preliminar pelo Comitê (SAT, 2016). Assim, o processo de recebimento e análise do relatório, se caracteriza por um alto nível de transparência e colaboração internacional. Tais etapas constituem um eficiente controle de qualidade para as avaliações ambientais (Hemmings e Kriwoken, 2010).

No entanto, ainda que seja um exemplo de colaboração internacional, o processo de avaliação ambiental apresenta limitações. Entre essas, pode-se citar o desinteresse na preparação do relatório CEE. Mesmo envolvendo atividades classificadas como de impacto maior que um impacto transitório, ou seja, projetos que acarretam em alterações significativas no ambiente antártico, o CEE representa apenas uma pequena parcela das avaliações ambientais elaboradas na Antártica (SAT, 2021) no qual menos da metade dos países participantes do Tratado da Antártica publicaram os relatórios em domínio público (Hemmings e Kriwoken, 2010).

Sobre a atividade da construção, eventualmente essa foi avaliada como impacto menor ou transitório e submetida aos relatórios de IEE. Nos arquivos da Secretaria do Tratado da Antártica, constam 27 estações científicas avaliadas por relatórios IEE (SAT, 2021). É de conhecimento comum que as atividades da construção civil impactam negativamente o ambiente natural e que tais impactos podem durar décadas (Montarroyos et al., 2018). Dessa forma, por se tratar de um impacto maior que um impacto transitório, a avaliação IEE para atividades de construção de estações científicas é considerada equivocada.

A preferência no desenvolvimento do IEE se deve ao processo simplificado que representa a submissão desse com relação ao processo do CEE. Como demonstrado na **Figura 2**, para inícios das atividades classificadas como menor ou igual ao impacto transitório, é exigido somente a entrega do relatório e o comprometimento do país proponente no monitoramento e verificação dos impactos. Já o CEE, o país proponente deve submeter o relatório pelo menos 120 dias antes da próxima reunião anual consultiva para análise do Comitê, além de

disponibilizar por 90 dias em domínio público. Nesse processo, estima-se que o período de entrega da primeira versão até o início da execução das atividades seja em cerca de 15 meses (SAT, 2016).

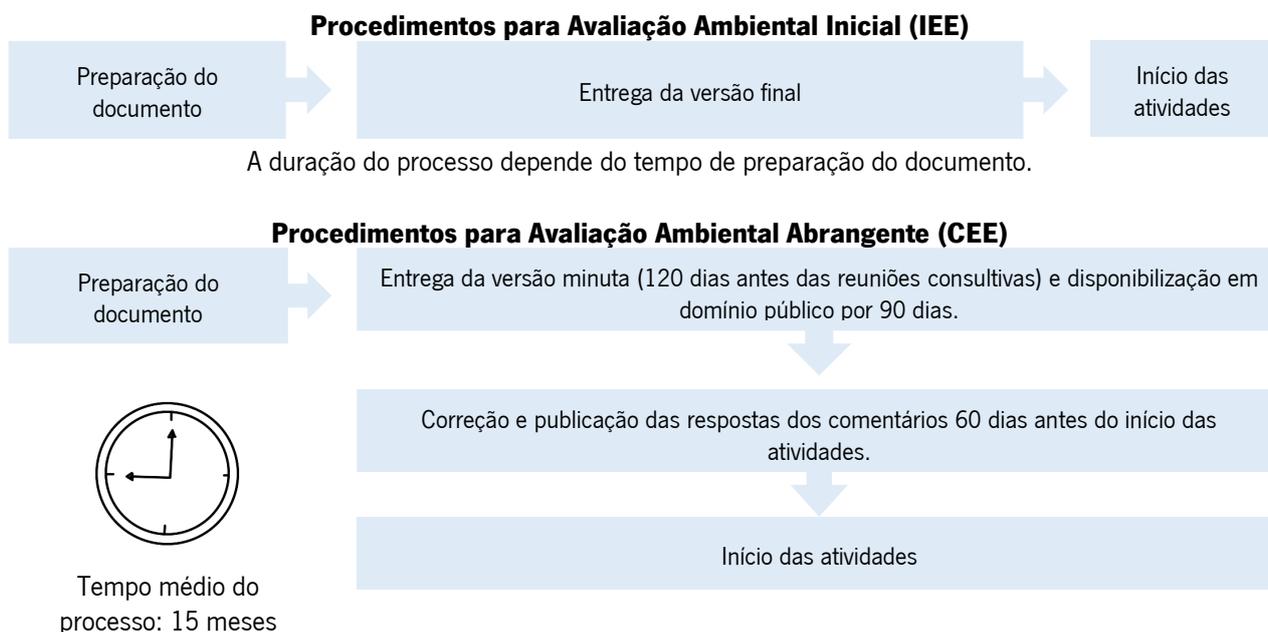


Figura 2. Procedimentos exigidos para preparação e entrega dos EIAs

Fonte: Adaptado de SAT (2016)

Após a deliberação do Comitê, o país se compromete a fazer as alterações e disponibilizar o relatório corrigido, novamente em domínio público, durante os 60 dias que antecedem o início das atividades (SAT, 2016). Assim como o Protocolo de Madri e seus anexos, os documentos IEE e CEE e as atas das reuniões consultivas anuais ficam disponíveis no endereço eletrônico da Secretaria do Tratado da Antártica.

Ressalta-se ainda que nos relatórios de CEE é obrigatória a caracterização da duração, extensão e intensidade, além da probabilidade de ocorrência dos possíveis impactos ambientais no Continente. A exposição dessas, entre outras questões, pode servir como alerta sobre a interferência das atividades numa área de interesse e proteção ambiental, bem como cooperar no processo de avaliação possibilitando a padronização e troca de informações entre as nações, atendendo aos princípios básicos do Protocolo de Madri (SAT, 2016). A ausência de relatórios em domínio público, e/ou submissão de relatórios incompatíveis com as atividades, além de poder comprometer a integridade ambiental do Continente, pode gerar dúvidas em relação à efetiva eficiência dos instrumentos de controle adotados no sistema do Tratado da Antártica.

Ciente dessas limitações, o Comitê Consultivo entendeu ser necessária a atualização dos procedimentos para avaliação ambiental na Antártica. Em 2016, o relatório final da Reunião Consultiva do Tratado da Antártica o trata, entre outras questões: da diminuição dos prazos para análise e envio de respostas do CEE como meio de promover o engajamento dos países consultivos; descreve métodos para a identificação dos impactos das

atividades; e amplia os requisitos mínimos para a elaboração do IEE, tornando obrigatória a análise dos impactos segundo os requisitos citados. A deliberação abordou possíveis dúvidas no processo, incentivando a análise sistemática dos relatórios publicados e enfatizando a importância da análise dos impactos ambientais para a proposição de medidas mitigadoras e conservação do ambiente (ATCM, 2016).

Em suma, as Avaliações de Impacto Ambiental se apresentam como um importante instrumento que contribui para a política de preservação do meio ambiente na Antártica. Todas as edificações atualmente estabelecidas no Continente apresentaram, ou deveriam ter apresentado, os relatórios com os impactos da atividade da construção civil no ambiente Antártico. Uma vez que tais informações podem servir de subsídios para a elaboração de edificações mais sustentáveis ou minimamente de baixo impacto ambiental, para o desenvolvimento da pesquisa considerou-se como necessário o levantamento das atividades da construção civil na Antártica com especial enfoque ao conteúdo dos relatórios e aos procedimentos de avaliação ambiental.

A finalidade do levantamento foi analisar, inicialmente de forma quantitativa, o desenvolvimento dos relatórios de CEE e IEE para a construção, bem como identificar os tipos de atividades realizados na Antártica e que exigem a elaboração de estudos prévios de avaliação de impacto ambiental. Ainda, a revisão dos relatórios pode contribuir para o entendimento do processo de submissão das EIAs e para a identificação de lacunas e potencialidades nos procedimentos de desenvolvimento de avaliações ambientais no Continente.

2.1.3 Análise dos relatórios de Avaliação de Impacto Ambiental para construção civil na Antártica

Conforme explicitado anteriormente, no endereço eletrônico da Secretaria do Tratado da Antártica, na seção sobre o Protocolo de Madri, subseção de Avaliação de Impacto Ambiental, há o acervo das avaliações realizadas no Continente (SAT, 2021). O acervo foi classificado segundo o tipo de avaliação – IEE ou CEE –, ano de publicação, país de origem e assunto. Nas opções disponíveis para o campo de assuntos abordados pelas avaliações estão as atividades de construção, turismo, pesquisa científica, gerenciamento de resíduos, entre outros (SAT, 2021).

Na análise dos tipos de relatórios que abordaram o assunto “construção e operação de instalações”, submetidos por todos os países, a partir de 2006 até 2017, Montarroyos, Alvarez e Bragança (2018) evidenciaram que os relatórios de IEE têm apresentado números mais significativos do que os relatórios de CEE (**Figura 3**). O período de tempo para a avaliação dos relatórios a partir de 2006 foi determinado com base na atualização das diretrizes de avaliação, realizada na Reunião Consultiva no ano de 2005, que estabeleceu a obrigatoriedade da identificação e avaliação do impacto por parte dos países proponentes.

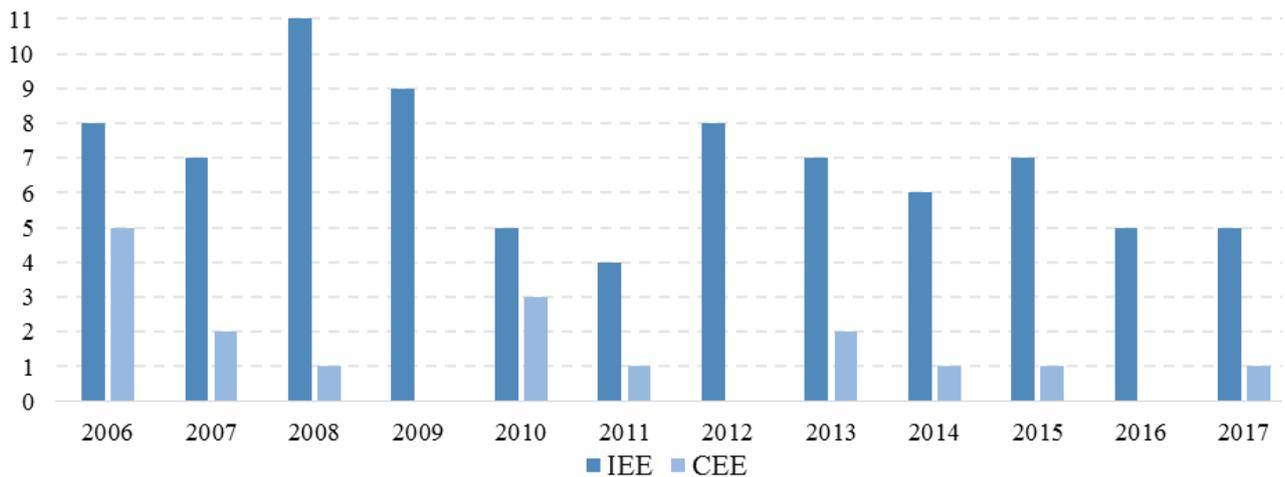


Figura 3. Quantitativo de relatório de IEE e CEE de 2006 a 2017

Fonte: Montarroyos et al. (2018)

No período de 2006 a 2017 foram publicados 82 IEEs para atividades relacionadas com a construção, tais como modernização, reformas, ampliações, construção de trilhas, instalações, execução de edificações temporárias e de pequeno porte (SAT, 2021). Se comparado com a quantidade de relatórios de CEE, foram encontradas somente 17 documentos, ou seja, 65 relatórios a menos que a quantidade apresentada de IEE (Montarroyos et al., 2018). Nos últimos três anos, a diferença na quantidade de documentos submetidos foi de 16 IEE para apenas 2 CEE, relacionados às atividades da construção civil (SAT, 2021).

As atividades avaliadas através dos IEE, ainda que caracterizadas como de menor impacto no ambiente, podem ocasionar danos ao ecossistema local, tais como a geração de resíduos, contaminação do solo/gelo, entre outros impactos irreversíveis numa área de proteção ambiental.

Numa análise mais específica dos relatórios IEE no período de janeiro de 2006 a dezembro de 2017, observou-se que dos 79 relatórios IEE elaborados, 27 estavam relacionados às atividades que envolvem a construção, manutenção ou reforma de estações científicas; e 29 abordam instalações de antenas, reservatórios de tratamento de resíduos, sistemas de energia renovável, entre outros (Montarroyos et al, 2018), conforme apresentado na **Figura 4**.

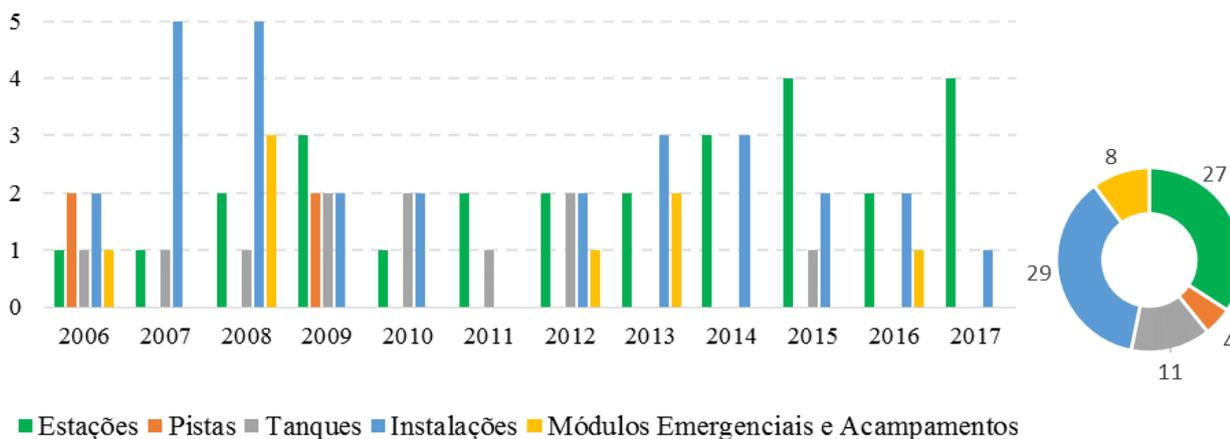


Figura 4. Quantitativo das atividades apresentadas nos relatórios IEE de 2006 a 2017

Fonte: Montarroyos et al. (2018)

Assim, ainda que não exista uma condição pré-definida sobre quais atividades de construção prescindem de elaboração de relatórios de IEE ou CEE, notou-se na pesquisa realizada que a maioria dos relatórios de CEE são relacionados ao planejamento de projetos de estações científicas de grande porte. Dos 17 relatórios de CEE avaliados, 11 se tratam de construção de edificações científicas, enquanto as demais atividades, uma refere-se à instalação de tanque de combustível; duas para instalações de pista para aviões; e três atividades relacionadas às pesquisas científicas (Montarroyos et al., 2018).

Com a análise dos CEE e IEE específicos para construção de estações científicas, o resultado da pesquisa evidenciou problemas e potencialidades quanto ao processo de validação dos relatórios. Com o intuito de verificar se todas as edificações construídas na Antártica tiveram seus relatórios submetidos para avaliação do Comitê, a pesquisa também contemplou a análise do catálogo de estações científicas do COMNAP. Produzido em 2017, o catálogo busca promover a colaboração internacional por meio do compartilhamento de informações sobre as infraestruturas e as atividades científicas na Antártica (COMNAP, 2017). Das 76 estações científicas apresentadas no catálogo foram selecionadas apenas aquelas cuja data do início da construção, reforma ou reconstrução foi posterior a 2006 (Montarroyos et al., 2018).

O **Quadro 3** apresenta uma sistematização de informações dos relatórios de avaliação de impacto ambiental publicados, das estações científicas segundo o catálogo do COMNAP e do conteúdo das Reuniões Consultivas do Tratado da Antártica. A revisão das atas colaborou para o entendimento do processo de submissão e identificação de lacunas e potencialidades para o desenvolvimento de avaliações ambientais no Continente.

Quadro 3. Avaliação Ambiental Abrangente de construção e operação

n	Nome	Área	Construção		País	Local	Tipo	Relatório		ATCM
			Início	Fim				Versão	Ano	
1	Vechernyaya	108m ²	2015	2018*	Bielorrússia	67°39'S 46°09'E	CO	Final 1ª	2015 2013	2014- 2015
2	New Chinese Antarctic Research Station	5.528m ²	2015*	-	China	74°55'S 163°42'E	CO	3ª	2014	2014
3	Jang bogo	4.661m ²	2012	2014	Coreia do Sul	74°37'S 164°13'E	CO	1ª	2011	2010- 2012
4	Bharati	2.900m ²	2010	2012	Índia	69°24' S 76°11'E	CO	Final 1ª	2010 2006	2007- 2011
5	Kunlun	558m ²	2008	2009	China	80°22'S 77°21'E	CO	Final 2ª 1ª	2008 2007 2007	2008
6	Princess Elizabeth	1.900m ²	2007	2009	Bélgica	71°57'S 23°20'E	CO	Final	2006	2006
7	Halley VI	2.000m ²	2007	2017	Reino Unido	74°25'S 20°45W	CO	Final	2007	2006
8	Johann Gregor Mendel	288m ²	2004	2007	República Tcheca	63°48' S 57°52'W	CO	1ª	2003	-
9	Neumayer III	4.890m ²	2008	2009	Alemanha	70°37' S 8°22' W	CO	Final	2005	-
10	Comandante Ferraz	4.500m ²	2017	-	Brasil	62°5'S 58°23'W	RE	IEE	-	2013
11	Juan Carlos I	1.735m ²	-	2016	Espanha	62°39'S 60°23'W	RE	IEE	2008	2009

Legenda do tipo: CO - Construção e operação; e RE – Reforma

*Previsão de início ou finalização

Fonte: Elaborado a partir de COMNAP (2017), SAT (2021), National Academy of Sciences of Belarus (2015), Polar Research Institute of China (2014), Korea Polar Research Institute (2011), National Centre for Antarctic and Ocean Research (2010), British Antarctic Survey (2007) e Belgian Science Policy (2006).

Nesse sentido, observou-se: a) redução do tempo de análise dos relatórios por parte do Comitê em relação aos anos anteriores à atualização das diretrizes de avaliação na Reunião Consultiva; b) aumento do número de revisões realizadas após a revisão dos critérios de elaboração do CEE; e c) ausência de informações de relatórios de atividades classificadas como ampliação ou reforma de edificações (Montarroyos et al, 2018).

Hemmings e Kriwoken (2010) alertaram para as limitações do processo de elaboração e submissão do CEE. Entre as questões abordadas, destacaram a falta de comprometimento com os relatórios, caracterizada pela ausência de revisões entre a fase de minuta e a proposta final. Tal ação sugere que foi dada continuidade à execução das edificações sem a finalização do processo de avaliação de impacto ambiental. Ressalta-se que até o ano de 2009, apesar das edificações terem sido inauguradas, nenhum dos relatórios preliminares submetidos ao Comitê, passou por alterações ou aprimoramentos, tornando questionável o processo de avaliação e validação dos mesmos.

Nos últimos anos os dados coletados demonstraram diferenças, visto que todos os relatórios submetidos em domínio público foram revisados, alterados para a versão final e permaneceram disponíveis em domínio público antes da execução. Nota-se, ainda, que o tempo médio do processo de validação e submissão das versões dos relatórios foi de 1 ano, com exceção da estação Bharati (Índia) que foi de 4 anos (Montarroyos et al., 2018).

O exemplo da estação indiana demonstra o aumento do número de revisões realizadas após a atualização dos critérios de elaboração do CEE em 2005. Além da Índia, os relatórios referentes à construção das estações da Coreia e Bielorrússia também receberam mais de uma indicação de aprimoramento e solicitação para a entrega de uma nova versão corrigida. Tal rigor, apesar de importante para a proteção ambiental do continente, pode ter estimulado manobras que visam evitar a formulação do CEE para edificações, em troca de avaliações simplificadas e processos mais rápidos (Montarroyos et al., 2018).

No contexto mundial, vários países sinalizaram as preocupações com a má qualidade ou imprecisão das informações incluídas nos relatórios de EIA. A falta de fundamentação no preenchimento do relatório pode acarretar em danos no ambiente natural além de interferir no compromisso das nações com a responsabilidade ambiental (Morgan, 2012).

Na Antártica, a imprecisão do que pode se caracterizar como “Impacto menor que um impacto transitório”, “Impacto igual à um impacto transitório” e “Impacto maior que um impacto transitório” provoca subjetividade na avaliação, ficando a critério de cada país a interpretação da gravidade do impacto e do tipo de relatório (Brooks et al., 2018). Ocorre que a ausência de uma clara definição dos critérios sobre qual atividade deve submeter o relatório de CEE ou IEE em combinação com o longo período que envolve o processo de aprovação do CEE, podem ter impulsionado à escolha de alguns países, a exemplo da Espanha e do Brasil, pela elaboração do IEE para atividades da construção civil na categoria reforma. Advertindo também, que não têm na legislação orientações que evidenciem as diferenças entre reforma ou nova construção.

No caso do Brasil, a Estação Antártica Comandante Ferraz é uma edificação de grande porte com funcionamento anual e foi praticamente reconstruída. Embora tenha sido implantada no mesmo local da antiga edificação o que, conseqüentemente, não gerou impactos adicionais no solo/gelo em áreas virgens, essa deveria ter sido avaliada por relatório de CEE para novas edificações.

O conteúdo do relatório CEE é extenso, visto que abrange um nível de detalhamento que exige o envolvimento de profissionais de várias áreas de conhecimento, a avaliação e os trâmites demoram. Nesse sentido, na avaliação dos documentos referenciais observou-se a isenção ou a simplificação de relatórios para atividades de reformas e ampliações, mesmo para edificações com área total superior às áreas registradas nos CEE para novas edificações (Montarroyos et al., 2018).

Salamanca (2018) alerta que a prática de omitir informações é realizada como meio de favorecer ou facilitar aprovação de documentos de avaliação de impacto ambiental. Numa análise conjunta do **Quadro 3** com a **Figura 4**, pode-se presumir que o aumento da quantidade de IEE para edificações pode estar relacionado com a motivação das nações em dar prosseguimento à construção de edificações sem atrasos ocasionados pelos trâmites legais exigidos para submissão de CEE. Observa-se, ainda, que a ausência de informações de relatórios de atividades classificadas como ampliação ou reforma de edificações bem como a apresentação de versões simplificadas (IEE) de avaliações de impacto ambiental pode se configurar como um aspecto falho no controle da integridade ambiental do Continente (Montarroyos et al, 2018).

2.1.4 Considerações sobre as Avaliações de impacto ambiental

A análise dos dados dos relatórios apontou para a necessidade de aprimoramentos no processo de Avaliação Ambiental Abrangente. Nos relatórios CEE, os países registraram diferentes níveis de impacto para o mesmo tipo de atividade e ocorrência, advertindo para a necessidade de padronização dos dados acompanhado da fundamentação dos métodos utilizados para a avaliação (Montarroyos et al., 2018).

Ainda, verificou-se a necessidade de atualização dos procedimentos de avaliação ambiental de forma a contemplar orientações sobre a condução de avaliações de maior complexidade. Nos relatórios foi alertado sobre a importância do estudo sistemático do impacto identificado, bem como a apresentação de programas de monitoramento e medidas mitigatórias (Montarroyos et al., 2018).

Cabe enfatizar que os relatórios IEE e CEE, mesmo passando por aprimoramentos, não envolvem apontamentos ou sugestões sobre as melhores práticas que podem ser executadas no continente. Tendo como objetivo principal a avaliação de impactos, nos EIA os países proponentes expõem os potenciais efeitos das atividades com especial direcionamento aos procedimentos de mitigação, correção e/ou monitoramento, diferente das ferramentas de avaliação, que ao exporem as práticas de referência organizadas em níveis de excelência, conduzem o avaliador às melhores condutas contemplando ações de baixo ou nenhum impacto. Dessa maneira, acredita-se que a ferramenta de avaliação ambiental pode servir de suporte para a tomada de decisões dos proponentes e projetistas nos mais diversificados aspectos inerentes à construção sustentável, não se restringindo à identificação/mensuração dos impactos ambientais.

Como contribuição da etapa de análise dos relatórios, recomenda-se, inicialmente, durante a etapa de planejamento das edificações antárticas, o uso de ferramentas de avaliação como meio de estimular os países proponentes a definir as estratégias projetuais mais sustentáveis, ou minimamente de baixo impacto ambiental. Uma vez definidas, o país proponente procede com as avaliações de impacto ambiental, conforme explicitado

na **Figura 5**. Após a finalização dos procedimentos de submissão do CEE, a edificação pode ser avaliada pela ferramenta como forma de incentivar aprimoramentos.

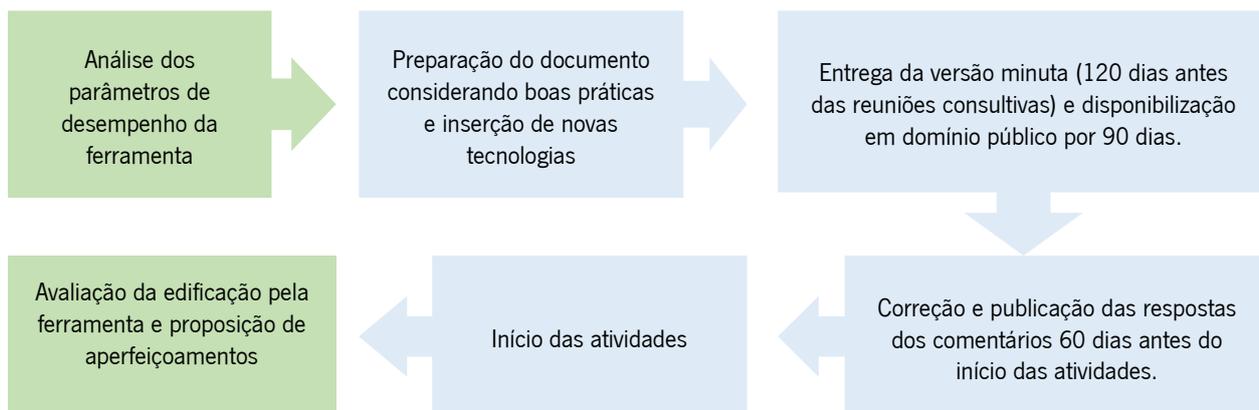


Figura 5. Proposta de alteração dos procedimentos Avaliação Ambiental Abrangente (CEE)

Acredita-se que o uso preliminar de uma ferramenta de avaliação de sustentabilidade para edificações antárticas pode possibilitar: maior compreensão dos aspectos inerentes ao planejamento e execução de edificações mais sustentáveis na Antártica; correções e aprimoramentos na etapa de planejamento, contribuindo para a redução do número de revisões; e agilidade do processo de aprovação, sem comprometer o rigor legal e científico exigido para as atividades da construção civil.

Por fim, embora o processo de Avaliação Ambiental demonstre limitações, esse se apresenta como um importante instrumento que contribui para a preservação do meio ambiente, devendo ser parte integrante das tomadas de decisões e atualização das legislações de proteção ambiental, assim como as ferramentas de avaliação da sustentabilidade. Dessa forma, para entendimento da potencial aplicação das ferramentas de avaliação da sustentabilidade no contexto antártico, o próximo item aborda: as questões inerentes à sustentabilidade na construção civil; o processo de formulação e pontuação das ferramentas de avaliação; bem como as considerações sobre a adaptação de ferramentas para a Antártica.

2.2 Construção sustentável

O termo construção sustentável surgiu em 1992 na primeira Conferência Internacional de Construções Sustentáveis em resposta às metas de desenvolvimento (Kibert, 2005). Contudo, acredita-se que esta definição não adveio de apenas um evento, e sim por efeitos acumulativos. Há evidências que a temática da sustentabilidade na construção civil iniciou na década de 1970, visto que a época foi marcada por movimentos ambientalistas que visavam a proteção e conservação do meio ambiente (Kajikawa et al., 2011).

Neste contexto estava o Clube de Roma, uma associação internacional que tinha interesse em analisar os problemas que desafiavam a humanidade. O resultado das discussões, apresentado em 1972 na publicação

Limits to Growth – em português “Limites do crescimento” –, destacava a relação entre o desenvolvimento urbano e degradação ambiental, alertando por meio de modelos matemáticos, que o planeta não seria capaz de suportar o crescimento da população. O livro abordou, entre outras questões, a poluição atmosférica como resultado do aumento expressivo do consumo de energia nos países desenvolvidos (Meadows et al., 1972).

Com o aumento do consumo de energia e o advento da crise energética, ocorreram as primeiras preocupações por parte dos líderes políticos com o impacto do edifício no meio ambiente, além de discussões sobre as possíveis medidas mitigadoras. Dessa forma, apoiadas por políticas públicas estavam às primeiras ações que contribuíam para a redução do gasto energético, ponto inicial para a inserção formal dos princípios sustentáveis em edificações (Kajikawa et al., 2011).

Até a década seguinte, as questões ambientais continuaram sendo a maior preocupação do setor da construção civil, contudo, sequencialmente ocorreu o reconhecimento dos demais impactos de suas atividades (Kajikawa et al., 2011; Haapio e Viitaniemi, 2008). Nos Estados Unidos observou-se que as edificações eram responsáveis por um grande passivo ambiental, oriundo não somente dos gastos energéticos – que na época contemplavam cerca de 48% do total de energia –, como também por 30% das emissões de gases de efeito estufa e igual percentual em relação ao consumo de matérias-primas. Ainda, na tentativa de diminuir o consumo energético em locais de clima frio a partir da conservação do calor, a construção civil foi caracterizada por edificações mais vedadas, o que conseqüentemente, ocasionou a piora também na qualidade do ar interno (Keeler e Burke, 2010).

Apesar de esporadicamente abordada nos primórdios da temática, a dimensão social da sustentabilidade, no entendimento de seu conceito mais amplo, sempre esteve presente nas práticas da construção civil. Analisando o período pré-industrial, observou-se uma conexão intrínseca entre as edificações e seus usuários, representada pela importância atribuída aos espaços da edificação ao invés de adoção de medidas de redução energética, por exemplo (Altomonte et al., 2014). Também se observa na arquitetura modernista a adoção das estratégias bioclimáticas nos países onde isso era viável, no qual o aproveitamento da ventilação e iluminação naturais eram métodos de alcance de ambientes mais confortáveis para os usuários da edificação (Gonçalves; Duarte, 2006). Esses exemplos demonstram que a dimensão social da sustentabilidade em edificações direcionada ao bem-estar do usuário já era aplicada na arquitetura antes de sua inserção no conceito de sustentabilidade.

De maneira geral, os aspectos sociais em edificações têm a capacidade de criar condições favoráveis ou prejudiciais à saúde do usuário, uma vez que são determinantes para minimizar a exposição dos ocupantes a poluentes, compostos orgânicos voláteis, entre outras substâncias nocivas; proteger os usuários de exposição a ruídos; melhorar a tensão ocular por ofuscamento; e contribuir com a redução da sensação de calor, entre

outros exemplos (Macnaughton et al., 2017). As questões sociais vinculadas às edificações proporcionaram vantagens no que se refere à qualidade dos espaços, e conseqüentemente, benefícios aos usuários com a obtenção de ambientes mais saudáveis e possibilidade de aumento da produtividade (Altomonte et al., 2014).

Do mesmo modo que ambientalmente e socialmente responsáveis, as edificações devem ser economicamente viáveis, além de favorecer o crescimento econômico local. A indústria da construção civil, como importante propulsor do desenvolvimento econômico de uma região, pode promover impactos positivos a partir do estímulo e suporte ao comércio local, e do contrário, pode causar seu enfraquecimento (Gibberd, 2002). Destaca-se que em alguns países a construção civil, mesmo podendo modificar a realidade de parte da população por meio do aumento da empregabilidade por exemplo, foi responsável pelo aumento da taxa de mortalidade, desigualdade e trabalho escravo (UNCEP, 2002), enfatizando a responsabilidade no cumprimento das funções sociais das empresas do setor.

Não demorou para que nas premissas das construções sustentáveis fossem consideradas as questões ambientais e sociais, juntamente com a econômica. No conteúdo da Agenda 21, resultado da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento – ECO 92, como um dos principais documentos impulsionadores da sustentabilidade, foram estabelecidas metas e incentivos às mudanças no processo de elaboração de edificações baseado nos três pilares da sustentabilidade (UNCED, 1992). Acreditava-se que os princípios sustentáveis fundamentados nos aspectos ambientais, sociais e econômicos, poderiam nortear e proporcionar mudanças positivas nos padrões construtivos de diversos países.

Assim, o conceito do termo “construção sustentável” pelo *Conseil International du Bâtiment* (CIB) tem como objetivo “...a criação e operação de um ambiente construído saudável baseado na eficiência de recursos e nos princípios ecológicos³” (Kibert, 1994, p.2). Já para a construção civil, a definição do conteúdo da Agenda 21 apresentava a sustentabilidade no ambiente construído como “um caminho para a indústria da construção civil responder aos avanços no desenvolvimento sustentável em diferentes esferas: ambiental, socioeconômica e cultural⁴” (CIB, 1999, p.19). Embora o entendimento do termo “sustentável” seja mais frequentemente associado às questões ambientais, entende-se que o conceito não pode ser visto dissociado das questões socioeconômicas e culturais (CIB, 1999). No entanto, em cada nação houve o reconhecimento de diferentes abordagens de acordo com as prioridades. Inicialmente também foi estabelecido o consenso entre os princípios

³ Definição do conceito traduzido da língua inglesa “... creating and operating a healthy built environment based on resource efficiency and ecological design.”

⁴ Traduzido da língua inglesa de “...a way for the building industry to respond towards achieving sustainable development on the various environmental, socio-economic and cultural facets.”

norteadores da sustentabilidade em edificações, as etapas que fazem parte do processo da construção civil, os recursos naturais, bem como concordância dos intervenientes quanto aos problemas que deveriam ser resolvidos nas edificações em diferentes escalas (Keeler e Burke, 2010).

Apesar de que os maiores destaques estivessem direcionados para as questões ambientais, a abrangência da temática fez com que os países privilegiassem as dimensões e princípios compatíveis com suas problemáticas e pontos chaves. Nos países desenvolvidos o maior enfoque foi dado às questões ambientais (Silva, 2003), enquanto nos países em desenvolvimento a abordagem da sustentabilidade priorizava as questões socioeconômicas (CIB, 1999; Du Plessis, 2002). Nos países em desenvolvimento, a construção sustentável buscou auxiliar no equilíbrio entre as atividades da construção civil e o desenvolvimento humano, considerando, principalmente, que não é possível priorizar a questões ambientais quando a pobreza é uma realidade local emergente.

Observa-se que, numa escala global, embora tenham se passado cerca de 40 anos das primeiras preocupações relacionadas à sustentabilidade no ambiente construído, o impacto da construção de edificação no ambiente por meio do consumo excessivo de recursos naturais e da poluição é o segundo fator mais importante no planejamento de edificações sustentáveis (Sfakianaki, 2018), tendo a eficiência energética ainda como a questão de maior importância (Darko et al., 2017; Sfakianaki, 2018).

Sabendo-se que a abordagem da construção sustentável é abrangente, e podem variar de acordo com o contexto de cada localidade, Sfakianaki (2018) levantou os principais temas abordados mundialmente acerca da construção sustentável. Esses foram sistematizados nas denominadas “dimensões” conforme o **Quadro 4**.

Quadro 4. Dimensões e áreas da sustentabilidade

Ambiental	Social	Econômico
<ul style="list-style-type: none">▶ Uso do solo▶ Água▶ Materiais e componentes▶ Qualidade do ar▶ Resíduos▶ Cargas ambientais▶ Energia▶ Uso eficiente dos recursos naturais	<ul style="list-style-type: none">▶ Qualidade do ambiente interno▶ Acesso às instalações▶ Participação e controle▶ Educação, saúde e segurança▶ Contratação local▶ Estética	<ul style="list-style-type: none">▶ Economia local▶ Eficiência de uso▶ Adaptabilidade e flexibilidade▶ Custos de execução▶ Custo total

Fonte: Elaborado a partir de Sfakianaki (2018)

No que se refere aos centros urbanos densificados, é possível afirmar que uma construção sustentável apenas é alcançada quando há a consideração de todas as dimensões da sustentabilidade (Mateus, 2009). Entretanto, quando se trata do continente antártico, as questões ambientais sobressaem às questões sociais e econômicas. Tal fato, parte da premissa que (Alvarez, 2014; Montarroyos et al., 2018):

- ▶ A Antártica é uma área de notável sensibilidade ambiental;
- ▶ Na Antártica não há população nativa, bem como não há comunidade local que necessita de ações que promovam o desenvolvimento social, a geração de oportunidades, o combate à pobreza e/ou a valorização cultural; e
- ▶ As construções são resultantes de elevado investimento financeiro dos países em tecnologias inovadoras e processos logísticos eficientes.

Dessa forma, uma vez que as dimensões social e econômica não são compatíveis com as prioridades locais, para a tese foi privilegiada à abordagem da dimensão ambiental para fomento às edificações seguindo os princípios da sustentabilidade.

Por fim, notavelmente, no mundo existem barreiras e limitações para a completa implantação da sustentabilidade na construção civil, desde a limitação de recursos financeiros até os conflitos de interesses entre os intervenientes e ausência de informações representativas no contexto local (Wong e Abe, 2014). Deste modo, destaca-se que algumas organizações internacionais representativas, bem como instituições regulamentadoras locais e grupos de estudos, que trabalham na busca de alinhamento e viabilidade das premissas da sustentabilidade com regulamentos públicos e práticas regionais.

2.2.1 Sistemas de avaliação da sustentabilidade

Acompanhando as discussões sobre sustentabilidade no ambiente construído, foi na década de 1990 que as ferramentas de avaliação da sustentabilidade começaram a surgir. Estas foram estruturadas com base nas estratégias de planejamento, regulamentação, ou nos impactos e cargas ambientais de cada localidade (Kajikawa et al., 2011).

As ferramentas mostraram-se importantes para gerenciamento de edificações e desenvolvimento de projetos de cunho sustentável (Baratella, 2011; Awadh, 2017). O uso do sistema de avaliação durante o processo de planejamento e construção pode produzir benefícios significativos a longo prazo para os proprietários e ocupantes dos edifícios, bem como para o contexto, urbano ou não, em que estão inseridos. As diretrizes inerentes às ferramentas podem colaborar com a resolução de problemas construtivos, melhoria da qualidade de vida dos usuários, diminuição dos impactos ambientais e redução do custo das operações (Ali e Al Nsairat, 2009; Doan et al., 2017).

As ferramentas atuam como instrumento que afere o quão sustentável a construção se apresenta, além de apontar as questões que permitem aperfeiçoar o desempenho da edificação (Forsberg e Vonmalmborg, 2004; Maslesa et al., 2018). A formulação das ferramentas de avaliação foi fomentada pela possibilidade de

comprovação do desempenho e contribuição para as possíveis melhorias na performance sustentável das edificações (Silva, 2000; Silva, 2003), podendo ainda auxiliar no processo de concepção (Ding, 2008; Awadh, 2017).

A edificação sustentável deveria maximizar os efeitos positivos das dimensões sociais e econômicas, ao mesmo tempo que minimiza os impactos negativos da dimensão ambiental. Essa afirmação, como outras expostas durante a conceituação da temática, é acompanhada de dúvidas quanto ao método de aferir e quantificar esses efeitos e impactos, sejam positivos ou negativos. Afinal, não haviam respostas exatas do quanto que seria o efeito benéfico socialmente e economicamente, do mesmo modo que do que se trata o impacto negativo no ambiente ocasionado pela edificação (Gibberd, 2002). Embora busque-se que o processo de avaliação seja mensurável, não há uma concordância entre os estudiosos da área em relação aos possíveis indicadores quantitativos, especialmente nos aspectos sociais.

No entanto, é indiscutível que os resultados de uma avaliação permitem que os intervenientes – arquitetos, engenheiros e construtores – se informem e avaliem a respeito de questões ou problemas da edificação. Consequentemente, os dados obtidos contribuem para o entendimento do processo, resolução de problemas, aprimoramento das edificações e auxílio em futuras decisões (Leaman et al., 2010; Darko et al., 2017; Awadh, 2017).

Segundo a Agencia Internacional de Energia – AIE (IEA, 2004) no setor da construção civil existem diversos sistemas de avaliação associados, direta ou indiretamente, à sustentabilidade, sendo que esses podem ser divididos em: softwares interativos ou programas informáticos de simulação, como é o caso das ferramentas de análise do ciclo de vida (LCA) e softwares de simulação energética; e sistemas passivos, representados pelas metodologias de avaliação de sustentabilidade ou ferramenta de certificação, diretrizes e *checklist*, declarações ambientais de produtos, catálogos, certificados, rótulos ou etiquetas (Mateus e Bragança, 2016, IEA, 2004). Esses tipos diferenciam-se, basicamente, pela metodologia de avaliação, pelas escalas de análise e pelos utilizadores, conforme pode ser observado no **Quadro 5** (Bragança et al., 2010; Forsberg e Malmborg, 2004; IEA, 2004; Curwell et al., 2002; Bragança e Mateus, 2016).

Quadro 5. Sistemas de avaliação da sustentabilidade

	Tipo	Objetivo	Utilizadores	Vantagens	Desvantagens	Exemplos
Softwares interativos	Programas informáticos de simulação	Avaliar e otimizar por meio de simulações computacionais o desempenho do edifício.	Arquitetos, engenheiros e projetistas.	Podem ser educativos e preditivos, e auxiliam na comprovação de desempenho e tomada de decisão.	Concentra na etapa operacional da edificação e os resultados não exploram potenciais impactos ambientais nas diferentes escalas.	EnergyPlus, Radiance Interface, NIRM, entre outros.
	Ferramentas de análise do ciclo de vida (LCA)	Avaliar o desempenho do edifício ou produto quanto ao consumo de recursos, materiais e aos potenciais impactos ambientais associados à construção civil durante todas as etapas da edificação.	Arquitetos, consultores, produtores e financiadores.	Promovem análises comparativas entre os produtos e abordam explicitamente um ou mais estágios do ciclo de vida.	Complexidade de avaliação e necessidade de banco de dados abrangente.	EcoQuantum, EcoEffect, ENVEST, BEES, The Athena Model, entre outros.
Ferramentas passivas	Metodologias de avaliação de sustentabilidade	Interpretar e promover a sustentabilidade no ambiente construído, durante todo o ciclo de vida, considerando as dimensões ambientais, sociais e econômicas.	Arquitetos, projetistas, construtores, consultores e clientes.	Permite a avaliação completa da edificação e serve como instrumento de marketing.	Métodos e critérios pouco claros com possibilidade de manipulação dos resultados.	SBTool, Leed, Casbee, BREEM, Quest, entre outros.
	Diretrizes	Indicar métodos para o desenvolvimento de produtos e apresentar o planejamento com grau de detalhamento em nível estratégico-político.	Clientes e projetistas.	Apresenta abordagens e princípios básicos permitindo discussões.	Abordagem generalista.	Environmental handbook for architects, Ecological building handbook, entre outros.
	Checklist	Funcionam como um recurso de planejamento para determinar e verificar as atividades que devem ser realizadas.	Clientes, construtores, projetistas, usuários e organizações.	Organiza o processo, ajuda no desenvolvimento de etapas individuais e serve de base para treinamentos.	Não contribui para a resolução ou entendimento de demandas específicas.	Checklists for energy efficient, ecological planning & building, entre outros.
	Catálogos	Comparar variações de projeto com base em diferentes elementos da construção.	Projetistas.	Simplifica o planejamento, permite a comparação direta e otimiza o tempo dos utilizadores.	Não aborda todas as situações específicas e não é aplicável em todos os países.	Handbook of sustainable building, Green guide to specification, entre outros.
	Etiquetas	Comparar o nível dos produtos com relação à qualidade ecológica.	Projetistas, construtores e autoridades.	Simplicidade de utilização e boa base de dados para tomadas de decisão.	Falta de detalhamento e informação sobre os critérios de maior importância para avaliação.	Environment mark “Blauer Engel”, EC Environment mark, Wood with FSC mark, entre outros.

Fonte: elaborado a partir de IEA, 2004; Mateus, 2009; Curwell et al., 2002; Bragança e Mateus, 2016.

Enquanto os sistemas interativos sejam direcionados aos profissionais da construção civil, diante da complexidade e abrangência do processo avaliativo, os sistemas passivos podem ser utilizados também por clientes, usuários, autoridades e projetistas. Devido a acessibilidade, rapidez na avaliação e possibilidade de

incorporação de valor ao produto final, a aplicação dos sistemas passivos tem amplo potencial mercadológico (IEA, 2004). Seja interativo ou passivo, a maioria desses sistemas encontra-se em constante fase de aprimoramento e correção de suas limitações, de acordo com o surgimento de novas tecnologias ou aprimoramento nos conhecimentos da área. Em síntese, o objetivo das organizações e grupos de pesquisa é a implementação e o desenvolvimento de uma metodologia clara, prática e flexível que viabilize o planejamento e otimização de edificações e elementos construtivos considerando as três dimensões da sustentabilidade (Bragança e Mateus, 2016).

Acrescenta-se que esses sistemas devem ter seus aspectos avaliados com imparcialidade, facilidade de adaptação à locais específicos, celeridade na classificação e na apresentação dos resultados, além de transparência no processo de ponderação (IEA, 2004).

Entre os tipos de sistemas mencionados, o presente trabalho destaca a ferramenta ou metodologia de avaliação da sustentabilidade, por proporcionar a inclusão de estratégias sustentáveis por meio de uma avaliação mais precisa e abrangente e por permitir a participação de diferentes profissionais – arquitetos, engenheiros, projetistas, consultores e clientes –, no processo de avaliação da sustentabilidade e nas tomadas de decisão.

2.2.2 Ferramentas de avaliação da sustentabilidade

Desenvolvidas para confirmar o atendimento das edificações aos princípios da sustentabilidade e requisitos de desempenho para o qual foram planejados (Kibert, 2005; Awadh, 2017), as ferramentas de avaliação da sustentabilidade reconhecidas mundialmente buscam coletar e relatar informações, possibilitando o atendimento do edifício às preocupações ambientais, sociais e econômicas, durante todo o ciclo de vida da edificação, ou seja, do planejamento ao reaproveitamento (Bragança et al., 2010). A abordagem que considera o ciclo da edificação “do berço ao berço” induziu a uma forma diferente de interpretação da vida útil do edifício. Os profissionais da construção civil, ao invés de aplicarem esforços para a diminuição/mitigação dos impactos da edificação no ambiente, propõem soluções que visam refletir positivamente no edifício e no meio ao qual se insere (Van dijk et al., 2014).

As ferramentas de avaliação buscam avaliar, incentivar e/ou aprimorar a sustentabilidade no ambiente construído (Awadh, 2017). Para promover a avaliação da edificação e organização dos dados, as ferramentas são baseadas em critérios e podem ser definidas pelo seu sistema de atribuição de valores. Essas têm diversas definições, mas são comumente interpretadas como uma técnica, ou sistemas, que organizam e/ou classificam critérios de desempenho por meio de pontuação ou pesos (ponderação), no qual cada critério tem pontos que variam de acordo com o impacto ambiental, social e econômico (Cole, Larsson, 2002; Mattoni et al., 2018).

Não há um consenso internacional sobre as terminologias e definições contidas nas ferramentas, bem como uma padronização de procedimentos de avaliação que torne possível compara-las (Wallhagen et al., 2013). Neste contexto, há preocupações com a pluralidade dos termos utilizados e conflito com a base de dados e métodos de avaliação (Kajikawa et al., 2011). Para esta pesquisa, são adotadas as terminologias atreladas às ferramentas como apresentado no **Quadro 6**.

Quadro 6. Terminologia e definições

Terminologia	Definição	Exemplo
Categorias	Conjunto ou combinação de indicadores	Água
Indicadores	Desempenho exigido nas tarefas para comprovar a realização de um objetivo. Variáveis que condensam as informações relevantes para a realização de avaliações. Permite quantificar e avaliar o cumprimento dos critérios associados. É um valor que deriva de um ou mais parâmetros.	Utilização de equipamentos economizadores de água e/ou uso de sistemas de armazenamento de água da chuva.
Parâmetros	Referência que possibilita ser mensurado ou verificado para obter informações e estabelecer comparações sobre algum fenômeno, ambiente ou área.	Para boas práticas, o consumo anual de água doce para instalações prediais deve ser de 0,01 m ³ /m ² por ano
Pontuação	Níveis de desempenho atribuídos aos critérios.	Com atendimento do parâmetro em nível de boas práticas, é atribuído o valor de 5 pontos

Fonte: Elaborado a partir de DESA (2007), Mateus (2009), Australian Skills Quality Authority (2015) e Larsson (2016).

Nas terminologias apresentadas nota-se uma organização hierárquica para a avaliação, no qual inicia-se com as questões de maior abrangência até chegar nas questões específicas, contemplando suas respectivas pontuações. Em geral, a análise dos indicadores numa ferramenta já oferece diretrizes benéficas para a elaboração de edificações mais sustentáveis.

Ressalta-se que as ferramentas foram apontadas como instrumentos capazes de promover a redução de impactos negativos da construção civil, seja no ambiente, na sociedade e/ou na economia (Darko et al., 2017). Entre os benefícios das ferramentas destacam-se: a abrangência dos indicadores promovendo o conhecimento das áreas da sustentabilidade; a formulação de diretrizes de projeto que incentivam melhorias operacionais; o indicativo de desempenho; e a comunicação com os intervenientes (Kajikawa et al., 2013; Awadh, 2017). Os mesmos benefícios podem trazer algumas barreiras de utilização, conforme apresentado no **Quadro 7**.

Quadro 7. Benefícios e barreiras das ferramentas de avaliação

	Abrangência	Diretrizes de projeto	Sinalização	Comunicação
Benefícios	Promove a integração de conhecimento de diversas áreas	Elabora diretrizes que incentivam melhorias no projeto e execução	Sinaliza as ações e concepções que respeitam o meio ambiente	Melhora o diálogo entre as partes interessadas e a equipe de projeto
	Abrange diferentes tipos de edificação	As listas de questões de cada categoria podem ser utilizadas no projeto	Aumenta a satisfação dos proprietários	Apresenta uma interface amigável ou sistemas de <i>checklist</i>
Barreiras	Mistura de medidas quantitativas e qualitativas	Ausência de aspectos econômicos, no qual a alta pontuação não acarreta em alto valor de retorno financeiro	A função do proprietário no processo	As ferramentas não refletem o conhecimento atualizado
	Ambiguidade na ponderação	Pontuação alta sem restrições financeiras	Clareza Não esclarece a vantagem do custo de avaliação	Insuficiência na comunicação entre desenvolvedores e indústria

Fonte: Elaborado a partir de Gou e Xie (2017) e Kajikawa, Inoue e Goh (2013).

Algumas barreiras apresentadas advêm da complexidade e da extensão desses sistemas, como a combinação de critérios qualitativos e quantitativos que acarreta em dificuldades de mensuração; a grande quantidade de informações que ocasiona falta de conhecimento geral, análise superficial e o diálogo limitado entre os profissionais; e a prioridade ou exclusividade às questões sociais e ambientais, provocando o não cumprimento dos princípios da sustentabilidade em sua totalidade (Kajikawa et al., 2013). Ainda, o desenvolvimento de linguagem comum a todos os intervenientes, a identificação das relações – edifício, entorno imediato e meio ambiente –, além do equilíbrio entre a complexidade do sistema e a simplicidade de utilização podem contribuir para o aprimoramento desses sistemas (Gou e Xie, 2017).

Independente das limitações observadas, as ferramentas são instrumentos imprescindíveis para o processo integrado de edificações mais sustentáveis (Keeler e Burke, 2010; Awadh, 2017). Essas fornecem orientações acerca da sustentabilidade por meio de análises, avaliações e comparações (Awadh, 2017). Ainda que para uma determinada região as ferramentas possuam uma grande quantidade de informações que devam ser consideradas no processo de avaliação, há também esforços para aprimoramentos e melhorias de sua utilização e entendimento (Bragança et al., 2010), além de ações que visam promover a divulgação e credibilidade nos resultados das ferramentas (Keeler e Burke, 2010).

A maioria dos países desenvolvidos contam com, no mínimo, uma ferramenta de avaliação reconhecida (Keeler e Burke, 2010; Zarghami et al., 2018). Acredita-se que o fator de aumento do número de ferramentas e sua expansão no mercado mundial se devem à capacidade de medir o desempenho das edificações e, principalmente, a habilidade de comunicação com o público em geral (Wong e Abe, 2014). No entanto, também

é preocupante quando um mesmo local possui várias ferramentas, cada qual com seu método, podendo induzir à resultados diferenciados para um mesmo objeto de avaliação.

A ferramenta de avaliação de desempenho dos edifícios pode ser um próspero negócio para as empresas desenvolvedoras ao considerar as receitas geradas e o rendimento financeiro durante o processo de certificação, licenciamento, formação e/ou credenciamento de profissionais. Em uso, as ferramentas e os métodos de avaliação, além de influenciarem nas decisões quanto aos problemas da edificação e compatibilidade com as políticas públicas, influenciam também, por exemplo, quanto à compra de imóveis por intermédio de *marketing* da certificação ou selo obtido pelo empreendimento (Cole, 2010).

As ferramentas podem ser categorizadas e direcionadas a determinados grupos de interesse, sejam proprietários, usuários ou ocupantes, arquitetos, consultores, investidores, autoridades e outros (Wallhagen et al., 2013). Ainda, são planejadas para diferentes localidades, níveis de desenvolvimento econômico, aspectos geográficos e disponibilidade de recursos (Ding et al. 2018).

Nesse sentido, destaca-se que essas são classificadas segundo o tipo de avaliação, propósito da ferramenta, etapas relacionadas ao ciclo de vida da edificação, banco de dados e forma de exposição dos resultados obtidos (Haapio e Viitaniemi, 2008; Zarghami et al., 2018), conforme a seguir explanado:

- ▶ Tipo de avaliação: refere-se à função ou característica da edificação avaliada, podendo ser edifícios existentes, novos, reformas, componentes, meio urbano, entre outros.
- ▶ Propósitos da ferramenta: finalidade da utilização ao qual a ferramenta foi desenvolvida, como por exemplo, o uso comercial, pesquisa e/ou dar suporte à manutenção.
- ▶ Etapas relacionadas ao ciclo de vida da edificação: envolve desde o planejamento/ análise de viabilidade, projeto, construção, uso/operação, manutenção até a demolição, descarte e reutilização.
- ▶ Banco de dados: para uma avaliação há a necessidade de uma grande quantidade de informações, necessitando por vezes de um ou mais instrumentos combinados que permitam a organização e armazenamento dos dados.
- ▶ Resultados: podem ser apresentados em forma de gráficos, tabelas, certificados e relatórios. Os mais populares são as tabelas e os gráficos.

A *International Organization for Standardization* (ISO) na padronização ISO 21931-1 (2010), sobre sustentabilidade no ambiente construído e métodos de avaliação da sustentabilidade, também alerta sobre o contexto local e a influência das características climáticas, socioculturais e econômicas da edificação a ser avaliada. Mais detalhadamente, Banani, Vahdati, Shahrestani e Clements-Croome (2016) expõem sobre a interferência de fatores geográficos, política governamentais, contextos históricos, valores culturais e de

consciência coletiva, advertindo que muitos desses fatores podem variar até mesmo entre regiões de um mesmo país.

Diante da diferença de objetivos, da variedade de classificação e do contexto regional, entende-se que os sistemas de avaliação criados para uma localidade não são completamente aplicáveis para outros lugares. Tal fato tem motivado a elaboração de ferramentas para localidades específicas (Mattoni et al., 2018).

Entre as ferramentas de avaliação mundialmente conhecidas destacam-se: *Building Research Establishment Environmental Assessment Method* (BREEAM) do Reino Unido (BREEAM, 2018); *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) dos Estados Unidos (USGBC, 2014); *Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency* (CASBEE) do Japão (CASBEE, 2014); e *Sustainable Building Tool* (SBTool) de um Consórcio Internacional (Larsson, 2016).

A primeira ferramenta desenvolvida e reconhecida foi a BREEAM do Reino Unido, seguida da norte americana LEED, GBTool, atualmente denominado como SBTool (Consortio Internacional); e CASBEE do Japão (Sha e Hwang, 2018).

A primeira ferramenta de avaliação, o BREEAM, foi desenvolvido para estabelecer o índice de sustentabilidade de edifícios residenciais, comerciais, institucionais e públicos, em etapas projetuais, novas edificações, reformas ou edificações existentes (BREEAM, 2018). Considerada por Ding et al. (2018) como a ferramenta com o sistema de ponderação mais consistente, estabelece diretrizes sustentáveis para as etapas de projeto, construção e operação de edificações.

O LEED, como a ferramenta mais conhecida e utilizada do mundo (AWADH, 2017), foi desenvolvido após consenso da necessidade de elaboração de um programa próprio dos Estados Unidos (Scheuer e Keoleian, 2002). A avaliação pelo LEED contempla edificações novas e existentes, sejam elas residenciais, comerciais ou institucionais (USGBC, 2014).

Apresentada publicamente pelo Japan Sustainability Building Consortium no evento denominado Sustainable Building 02 em Oslo, a ferramenta CASBEE foi desenvolvida para o contexto nacional do Japão, e contempla avaliação de edifícios de escritórios, escolares e multi-residenciais (CASBEE, 2014). Já a ferramenta SBTool, foi desenvolvida a partir de um consórcio internacional tendo por princípio fundamental a possibilidade de adaptação para outras localidades com condições regionais distintas. O sistema envolve projetos para edificações residenciais, comerciais, novas ou existentes (Larsson, 2016).

Ainda que desenvolvidas por organizações e localidades diferentes, a maioria das ferramentas tem semelhanças no que se refere às categorias. Entre os temas mais abordados estão: sítio, energia, água, qualidade do

ambiente interno, materiais, resíduos, cargas ambientais entre outros (Banani et al., 2016), variando entre 6 a 10 categorias conforme pode ser observado no **Quadro 8**.

Quadro 8. Síntese das ferramentas de avaliação

	BREEAM	LEED	CASBEE	SBTool
Nome	<i>Building Research Establishment Environmental Assessment Method</i>	<i>Leadership in Energy & Environmental Design</i>	<i>Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency</i>	<i>Sustainable Building Tool</i>
País	Reino Unido	Estados Unidos	Japão	Consórcio Internacional
Primeira versão	1990	1998	2002	2006
Última versão	2016	2014	2015	2016
Condição de uso	Privada	Privada	Privada/livre	Livre
Direcionamento geográfico	Nacional	Nacional	Nacional	Global
Utilização em outros países	77	165	1	20
Etapa	Planejamento, projeto, construção, operação e pós ocupação	Construção, operação e pós ocupação	Planejamento, projeto, construção, operação e pós ocupação	Planejamento, projeto, construção, operação e pós ocupação
Tipos de avaliação	Residenciais Comerciais Industriais Institucionais Ecológicas Hospitalares Internacionais Prisionais Tribunais	Novas construções Edifícios existentes Comerciais Interiores Educacionais Residenciais Vizinhança Reformas Hospitalares, etc.	Novas construções Edifícios existentes Renovação Ilhas de calor Desenvolvimento urbano	Residenciais Comerciais Institucionais Industriais Hospitalares Restauros Meio urbano
Quantidade de categorias	10	6	6	7
Categorias	Gestão Saúde e Bem-estar Energia Transporte Água Materiais Resíduos Uso do Solo e Ecologia Poluição Inovação	Sítios sustentáveis Energia e atmosfera Uso eficiente de água Materiais e recursos Qualidade do ambiente interno Inovação e processo de projeto	Ambiente interno Qualidade dos serviços Ambiente externo (terreno) Energia Recursos e materiais Ambiente externo (entorno)	Seleção do terreno, planejamento e desenvolvimento Energia Consumo de água Consumo de materiais Qualidade do ambiente interno Cargas ambientais Gestão e qualidade dos serviços
Fonte	BREEAM (2018)	USGBC (2014)	CASBEE (2014)	LARSSON (2016)

Fonte: Elaborado a partir de BREEAM (2018), USGBC (2014), CASBEE (2014) e Larsson (2016)

Por utilizar métodos de avaliação compatíveis com sua região de uso, as ferramentas contêm pesos (ponderação), avaliação, certificação, tipologias e características distintas. Contudo, observa-se que essas apresentam semelhanças quanto às categorias, – a exemplo do sítio, água, energia, materiais e ambiente interno (Bragança et al, 2010; Zarghami et al., 2018) –, e atendem às áreas de impacto recomendadas pela ISO 21929-1 (2011), conforme **Quadro 9**.

Quadro 9. Sistematização das categorias

ISO	BREEAM	SBTool	LEED	CASBEE
Uso do solo	Uso do solo	Seleção do terreno, planejamento e desenvolvimento	Sítios ambientais	Ambiente externo (terreno)
Energia	Energia	Energia	Energia e Atmosfera	Energia
Consumo de água	Água	Consumo de recursos (água)	Uso eficiente da água	Recursos e materiais (água)
Uso de recursos	Materiais e resíduos	Consumo de recursos (materiais)	Materiais e recursos	Recursos e materiais (materiais)
Qualidade do ambiente interno	Saúde e Conforto	Qualidade do ambiente interno	Qualidade do ambiente interno	Ambiente interno
Resíduos e emissões	Poluição	Cargas ambientais	Energia e Atmosfera	Ambiente externo (fora do terreno)
Gestão, custo, manutenção, segurança e acessibilidade	Transporte, gestão e inovação	Gestão e qualidade dos serviços	Inovação e processo de projetos	Qualidade dos serviços

Fonte: Elaborado a partir de ISO 21929-1(2011), BREEAM (2009), Larsson (2016), USGBC (2014) e CASBEE (2014).

O levantamento dessas, entre outras categorias chaves, visa assegurar que o conteúdo da ferramenta envolva o máximo de efeitos e impactos da construção civil sobre as dimensões da sustentabilidade. Deste modo, no que se refere ao conteúdo interno das categorias das ferramentas, o BREEAM, o LEED e o CASBEE contam com cerca de 60 a 80 critérios, enquanto o SBTool apresenta mais de 100. Isso sugere que o número padrão de critérios e/ou indicadores – se é que deva existir tal número – ainda é controverso (Ameen e Mourshed, 2015; Li, 2015).

As ferramentas podem ter abrangência global, nacional ou local. A quantidade de indicadores e critérios do SBTool justifica-se pelo fato de que a ferramenta é um sistema genérico, ou de uso global (Alyami e Rezgui, 2012).

Uma grande quantidade de informações, representadas por indicadores ou critérios numa ferramenta, apesar de contribuir para a precisão e abrangência dos dados, acarreta em complicados e pesados sistemas de avaliação (Alyami e Rezgui, 2012). Na tentativa de simplificar e diminuir a quantidade de critérios ou categorias priorizando temas específicos, algumas ferramentas foram criticadas pela abordagem superficial da temática (Keeler e Burke, 2010) e pelas falhas na abordagem de questões sociais e econômicas (Awagh, 2017).

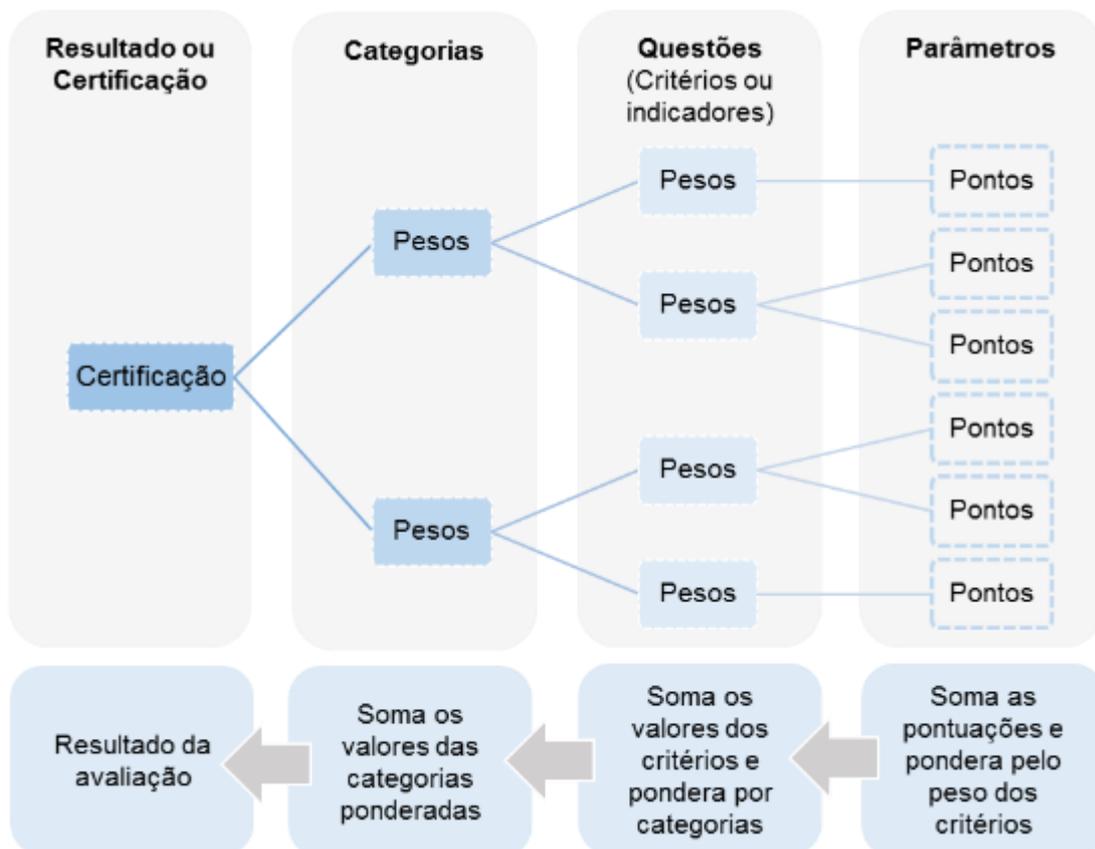
Para o emprego desses sistemas genéricos/globais em diversos países, cada nação deve analisar a abrangência desses critérios no contexto local e buscar a simplicidade de utilização, sendo esse equilíbrio um dos maiores desafios para a adaptação e desenvolvimento de metodologias de avaliação (Alyami e Rezgui, 2012).

Como suporte para o entendimento das metodologias de avaliação, cabe destacar que para aplicação desses métodos de avaliação, inicialmente devem ser levantados os aspectos ambientais, sociais e econômicos da região. É necessário se certificar se os aspectos e informações obtidos são suficientes para auxiliar na obtenção de edificações mais sustentáveis (Andrade e Bragança, 2016).

Para as categorias, critérios e indicadores são atribuídos pesos de referência – ou sistemas de ponderação –, que normalmente são compatíveis com as prioridades locais. Já para os parâmetros, são atribuídos pontos ou créditos (Wallhagen et al., 2013). Alguns desses parâmetros são quantitativos e passíveis de utilização e mensuração, como o consumo energético ou de água doce por exemplo; outros são baseados somente em fatores qualitativos (Forsberg e Malmberg, 2004), como qualidade estética ou arquitetônica do edifício. Diante da complexidade de análise do funcionamento das ferramentas, a **Figura 6** apresenta, de forma esquemática, uma visão geral das estruturas e a respectiva identificação das informações atribuídas por esses sistemas.

Inicialmente, o avaliador assinala o parâmetro de desempenho. Cada parâmetro tem uma pontuação preestabelecida, sendo essa pontuação associada ao peso do indicador. Com a soma dos pesos dos indicadores que compõe a categoria, tem-se o peso da categoria que permite a atribuição do nível de desempenho e emissão da classificação da edificação.

Figura 6. Estrutura hierárquica das ferramentas de avaliação



Fonte: Adaptado de Wallhagen, Glaumann, Eriksson e Westerberg (2013) e Larsson (2007)

Os valores e pontuações dos parâmetros de referência podem ser definidos por meio de revisões nas leis e políticas públicas direcionadas para a sustentabilidade, base de dados, consenso por especialistas e/ou análise dos dados de desempenho de edificações locais (Larsson, 2007). Ao final, o sistema pode usar métodos combinados e resultar em uma ou várias pontuações e/ou certificações (Forsberg e Malmborg, 2004).

Nota-se que em todo processo de formulação da ferramenta, especialistas e profissionais estudam os efeitos e impactos da construção civil no meio ao qual se insere. Esses, além de serem responsáveis por identificar o grau de significância, ou de insignificância, de cada item da ferramenta (Fekry et al., 2014), fornecem instrumentos para avaliação de uma edificação, trazem um conhecimento que permite promover discussões públicas, incentivam estratégias de implementação do desenvolvimento sustentável (Lee e Burnett, 2006) e facilitam a especificação dos pontos dos indicadores e critérios das ferramentas (Zarghami et al., 2018).

No que se refere às ferramentas de avaliação, com base no conhecimento adquirido, esses profissionais contribuem para o estabelecimento de pesos, pontuações, apresentação dos resultados e finalização desse instrumento de impulsão da sustentabilidade em edificações.

2.2.3 Sistemas de pesos, pontuação e entrega dos resultados

O estabelecimento dos sistemas de pesos e ponderações das ferramentas é comumente realizado por meio de pesquisas estruturadas ou revisões das iniciativas governamentais. Fundamentado por essas informações, verificam-se os níveis de relevância de cada item da ferramenta (Lee e Burnett, 2006) e estipulam-se pesos compatíveis com a significância de cada questão (Al-Jebouri et al., 2017).

Os sistemas de peso, usualmente, têm como suporte as diversas informações obtidas durante o processo de formulação da ferramenta. Para a quantificação da relevância de cada item, são utilizadas equações, fórmulas ou algoritmos. Assim, há diversos tipos de métodos de ponderação que podem contribuir para a formatação dos pesos. Entre os métodos estudados, destaca-se a seguinte sequência recomendada por Shamseldin (2016):

1. Definir as variáveis que afetam a sustentabilidade em edificações da região;
2. Identificar as variáveis espaciais;
3. Determinar o impacto positivo ou negativo de cada variável associado a sinais –positivo (+), negativo (-), não impacta (0) e item mandatório (M) –, permitindo posterior exclusão dos impactos classificados como 0;
4. Estabelecer o nível de efeito de cada variável utilizando números de 0 a 10;
5. Obter o valor de significância total de cada variável; e
6. Utilizar uma equação para o peso.

A metodologia de Shamseldin (2016) inicia com a identificação das variáveis locais, seguido do reconhecimento dos efeitos para estabelecimento dos pesos. Os valores são inseridos numa equação que afere o nível de sustentabilidade. De forma mais abrangente, Bragança e Mateus (2017) determinaram a importância dos indicadores de sustentabilidade a partir da seleção de indicadores, normalização do nível de desempenho do indicador, apresentação de soluções alternativas e agregação de valores por meio de uma equação desenvolvida pela *International Initiative for Sustainable Built Environment* (iiSBE) que considera os níveis dos impactos das atividades da construção civil. Nesse sentido, acrescenta-se que ambas metodologias viabilizam quantificação dos indicadores e níveis de sustentabilidade por meio da contribuição de profissionais e pesquisadores.

Entendendo a complexidade do processo de avaliação, destaca-se que algumas ferramentas utilizam somente o consenso comum de profissionais e uso de questionários para a ponderação de seu sistema (Lee e Burnett, 2006). O comprometimento e a experiência de uma equipe multidisciplinar envolvida no projeto podem favorecer o planejamento de construções mais sustentáveis (Awadh, 2017). Conforme Haapio e Viitaniemi (2008), a participação dos usuários da edificação não pode ser ignorada durante o processo de desenvolvimento da ferramenta. Ainda, torna-se indispensável, a participação de grupos multidisciplinares, autoridades, designers, construtores e usuários na formatação de orientações para às atividades da construção civil (Olubunmi et al., 2016). Deste modo, entende-se que para um sistema de pesos e ponderação, deve-se considerar as informações inerentes às políticas públicas vigentes, elaborar pesquisa estruturada com os intervenientes e especialista da edificação e interpretar a experiência dos usuários.

Ainda que algumas fórmulas e equações pertencentes às principais ferramentas não estejam disponíveis para análise, nas ferramentas reconhecidas é possível verificar o valor dos pesos e ponderações, no qual ao final de cada avaliação, é apresentado o número de pontos, gráficos ou certificados.

Sobre as estratégias de ponderação, a ferramenta CASBEE é baseada num coeficiente de qualidade por critérios, enquanto as ferramentas BREEAM, SBTTool e a versão LEED V4 organizam os pesos no sistema em categorias. As versões anteriores do LEED utilizavam o peso igualitário para cada critério – valores iguais a 1 – e trabalhavam com uma quantidade maior de critérios nos temas de maior importância (Chen et al., 2017). O sistema de pontos igualitários tratava-se de uma forma mais simples e fácil de executar, contudo, foi criticada por abranger precariamente os aspectos econômicos e igualar questões prioritárias com outras de baixa relevância (Alyami e Rezgui, 2012).

Com relação a apresentação dos resultados, o BREEAM apresenta a porcentagem total dos pesos com o desempenho final do edifício classificado como, "Bom" para porcentagem igual ou acima de 45%, "Muito Bom" para igual ou maior à 55%, "Excelente" para igual ou maior à 70% e "Excepcional" para igual ou maior à 85%

(BREEAM, 2018). Já o CASBEE apresenta uma pontuação individual estruturada por categorias de avaliação. Para pontuação final, esses valores são multiplicados para obtenção do coeficiente de qualidade ambiental. Os valores obtidos são apresentados por meio de 5 níveis qualitativos – S, A, B+, B- e C –, apoiado por um relatório contendo gráficos de radar e de barras (CASBEE, 2014).

O LEED fornece um certificado “*Certified*”, “*Gold*”, “*Silver*” ou “*Premium*” (USGBC, 2020), e o SBTool, expressa o resultado final por meio de um gráfico radar e a partir das marcas de referência. As marcas de referência são informações que expressam as melhores práticas de cada indicador. Essas podem funcionar como padrão à ser seguido e, quando associadas à uma identificação ou valoração, pode favorecer análises comparativas. No SBTool as marcas de referência são vinculadas à 0 para “Prática aceitável”; +3 para “Boa prática”; e +5 para a “Melhor prática”, também possibilitando ao profissional a análise dos níveis de sustentabilidade por categorias (Cole e Larsson, 2002; Larsson, 2016).

Por fim, há diversos métodos de avaliação no mundo, que diferem entre si devido às singularidades espaciais e culturais de cada país. Nota-se que tanto na fase inicial, de estabelecer critérios e indicadores, quanto ao final da avaliação, cada país desenvolvedor das ferramentas adota estratégias de metodologia e apresentação de resultados bem definidas por objetivos e/ou especificidades regionais. As divergências entre os métodos significam maior precisão com as variáveis que influenciam o processo construtivo em cada região (Shamseldin, 2016).

Considera-se que as ferramentas são compostas por informações relacionadas com as prioridades locais, sendo que a adaptação das ferramentas para outras localidades deve ser devidamente estruturada (Cole, 2010; Al-Jebouri et al., 2017).

2.2.4 Adaptação das ferramentas para contexto mundial

Sabendo-se que a seleção de indicadores, critérios e parâmetros tem direta ligação com o propósito de cada organização e localidade (Kajikawa et al., 2011; Al-Jebouri et al., 2017), a adaptação da ferramenta de avaliação somente seria possível a partir de um reconhecimento do local de inserção, estruturação dos itens que a compõe e compatibilização com os condicionantes das demais localidades (Cole, 2010). As principais características locais que podem influenciar na adaptação das ferramentas de avaliação, de acordo com Shamseldin (2016) são:

- ▶ Variáveis locais, como aspectos sociais, econômicos, demográficos, culturais, legislações, densidade populacional, entre outros;

- ▶ Variáveis relacionadas com o uso de recursos (por exemplo, água e energia), seus custos, locais de obtenção e validade de materiais construtivos;
- ▶ Variáveis associadas ao meio urbano como tipologia dos prédios, características das vias, serviços urbanos, infraestrutura, entre outros;
- ▶ Variáveis pertinentes com a prática nacionais e com o nível de desenvolvimento tecnológico local;
- ▶ Variáveis relacionadas à presença e expansão de práticas sustentáveis, além da aplicação dessas no ambiente construído;
- ▶ Variáveis pertencentes ao grau de consciência ambiental da população local;
- ▶ Variáveis associadas à presença de códigos energéticos regionais no qual as edificações devem seguir para a atendimento às solicitações de avaliação; e
- ▶ Variáveis relacionadas ao diferente índice de poluição local.

Assim, a abordagem conduzida pelas ferramentas em relação aos seus indicadores e critérios se deve às diferenças entre as nações e suas sociedades, culturas, ambientes e geográficas (Bragança et al., 2010). Acredita-se que os aspectos classificados como sustentáveis variam significativamente em cada região, por vezes situadas no mesmo país. A exemplo da ferramenta Green Star – ferramenta de avaliação nacional desenvolvida em 2003 pela *Green Building Council of Australia* –, para sua utilização foi necessário envolver e especificar as zonas climáticas da Austrália no sistema de avaliação (Shamseldin, 2016). Nota-se, ainda, que as ferramentas nacionais podem ser utilizadas e adaptadas em outros países, contudo, deve ser realizada uma profunda alteração em seu banco de dados para o contexto do país de inserção (Haapio e Viitaniemi, 2008; Shamseldin, 2016).

Enquanto países estão desenvolvendo ferramentas únicas, nacionais e adequadas ao seu contexto cultural e climático, as ferramentas reconhecidas internacionalmente expandem a sua presença de maneira global. Algumas nações, que ainda não possuem ferramenta de avaliação consolidada, buscam a certificação por ferramentas de outros países, como por exemplo, o LEED e o BREEAM, além da ferramenta de abrangência global como o SBTool, que permite que seja desenvolvido a partir de aspectos específicos para atendimento às características locais. O crescimento no uso das ferramentas em outras localidades também pode sugerir a utilização desses instrumentos para atrair ou melhorar a economia local (Cole et al., 2014).

Esse movimento pode ser explicado, por exemplo, por construtoras que estão buscando a liderança no mercado da sustentabilidade a partir do alinhamento de suas atividades com as práticas, tendências e marcas internacionais. Essa decisão pode melhorar a economia local e atrair investidores internacionais com a utilização de marcas e selos mundialmente conhecidos. Contudo, todo processo depende da continuidade

dessas ferramentas em desenvolver mecanismos que permitam uma adaptação regional apropriada, que entenda a dinâmica complexa entre o sistema importado e a situação local (Cole et al., 2014).

Apesar de se tratarem de ferramentas nacionais, o BREEAM e o LEED são os dois sistemas mais utilizados fora dos seus países de origem (Ding et al., 2018; Awadh, 2017; Banani et al., 2016; Doan et al., 2017). O reconhecimento mundial de suas marcas é comprovado pela grande quantidade de edificações certificadas e profissionais licenciados (Cole et al., 2014). O BREEAM, amplamente utilizado pelos países europeus, até 2017 havia certificado em mais de 75 países, enquanto o LEED foi utilizado em mais de 170 países e territórios (Doan et al., 2017).

Como essas ferramentas foram elaboradas para uma região específica, alerta-se para a possível falta de compatibilidade das características do que é sustentável dos países de origem com as demais localidades, ocasionando avaliações incoerentes com a realidade das edificações locais. Seus pesos foram desenvolvidos para um local e estão sendo utilizados em muitos outros com características diferentes (Larsson, 2007; Banani et al., 2016). A impossibilidade de ajustes de acordo com as prioridades locais pode ser considerada a principal desvantagem do uso dessas ferramentas (Alyami e Rezgui, 2012; Banani et al., 2016).

Assim, apesar dos esforços de tornar as ferramentas compatíveis com as diferentes regiões do mundo, constatou-se que o BREEAM e o LEED não são capazes, por exemplo, de incorporar totalmente as questões sociais e culturais nos critérios de avaliação (Banani et al., 2016; Shamseldin, 2016). Nesse sentido, de acordo com Zarghami et al. (2018), o SBTool avalia questões inerentes à sustentabilidade com mais profundidade do que as demais ferramentas de avaliação, permitindo ao avaliador proceder à ajustes de acordo com os aspectos relevantes do local de utilização.

Para a promoção de sistemas de avaliação em localidades onde não existem ferramentas ou indicadores específicos, recomenda-se o uso de sistemas globais. A exemplo do SBTool, nesses sistemas há a permissão para alterações dos itens da ferramenta a fim de equiparar com as condições do país de utilização (Fekry et al., 2014).

Destaca-se que o processo de adaptação do SBTool requer a consideração de uma série de tópicos, e envolve ações que visam desde a corroboração dos critérios e indicadores – com a seleção, inclusão ou exclusão –, até a definição apropriada de pesos compatíveis com as questões locais, princípios de ponderação e o desenvolvimento de um método de avaliação aplicável ao mercado (Larsson, 2016; Lee e Burnett, 2006).

2.2.5 Considerações sobre a adaptação e utilização das ferramentas na Antártica

Inicialmente, considera-se que, diferente de centros urbanos densificados, a principal motivação para a adaptação e utilização de uma ferramenta de avaliação para edificações antárticas é a possibilidade de minimizar ou eliminar os impactos ambientais decorrentes da atividade da construção civil e da ocupação humana no continente. Assim, os interesses econômicos ou mercadológicos que impulsionam a escolha das ferramentas de avaliação em diversos países não se configuram como aspectos prioritários na Antártica.

A adaptação de ferramentas de avaliação para o contexto antártico somente seria possível a partir da compreensão da importância ambiental e científica do local. A abordagem conduzida pela ferramenta deve considerar, entre outros aspectos:

- ▶ A condição de preservação do ambiente natural, inigualável a qualquer outro continente;
- ▶ A agressividade do ambiente;
- ▶ A complexidade logística, considerando a inexistência de população local;
- ▶ A rigorosa legislação ambiental internacional representada pelo Tratado da Antártica e Protocolo de Madri;
- ▶ O apoio ao desenvolvimento das atividades científicas;
- ▶ O potencial de replicabilidade e comunicação mundial das boas práticas sustentáveis;
- ▶ A indisponibilidade de materiais construtivos locais;
- ▶ A necessária gestão dos resíduos pela dificuldade de absorção pelo ambiente; e
- ▶ O impacto das emissões atmosféricas, seja a nível local ou mundial.

Em relação ao estado da arte apresentado acerca das ferramentas de avaliação, e suas adaptações para localidades específicas, defende-se que há ferramentas passíveis de adequação e utilização em edificações antárticas. Nesse sentido, o SBTool, entre as ferramentas estudadas, apresentou maior viabilidade de adaptação devido aos seguintes critérios:

- ▶ **Uso livre da ferramenta.** A disponibilidade de forma gratuita da ferramenta pode incentivar promover auto avaliação, além de viabilizar o uso preliminar da ferramenta – no momento de formulação dos CEEs, como proposto no item 2.1.4.
- ▶ **Abrangência dos indicadores.** Especialmente com relação às questões ambientais, o que pode favorecer a preservação e integridade do ambiente antártico. Além disso, a abordagem ampla permite escopos direcionados as avaliações pontuais ou abrangentes.
- ▶ **Compatibilidade dos dados.** As informações do sistema interno de pontuação do SBTool são compatíveis com os dados exigidos para avaliação de impacto ambiental na Antártica. Ressalta-se que tanto SBTool, quanto o Protocolo de Madri há a exigência da avaliação dos impactos em potencial segundo as

variáveis de duração, extensão e intensidade do impacto em potencial, o que evidencia a conformidade da ferramenta com a legislação Antártica e as boas práticas executadas no continente.

- ▶ **Adaptabilidade do sistema interno.** Possibilidade de especificar, inserir dados e/ou marcas de referência específicos da Antártica, permitindo também a inserção ou alteração de variáveis do sistema interno para abranger as questões locais, além da autonomia para ativar ou desativar pesos sem interferir na distribuição total.

Dadas as particularidades do sistema, considerou-se como necessário o entendimento dos aspectos específicos inerentes ao funcionamento do SBTool para análise de viabilidade e proposição da adaptação do SBTool para o contexto antártico.

2.2.6 Adaptação do SBTool para o contexto antártico

De acordo com Lee e Burnett (2006), a possibilidade de adaptação do SBTool para alguns países se caracterizou como a forma mais efetiva de estabelecer sistemas de avaliação de sustentabilidade. Diante da disponibilidade de realizar alterações no sistema interno, a ferramenta desenvolvida provou ser apropriada para avaliações em mais de 20 países, contando com 5 adaptações oficiais e registrados no IISBE (IISBE, 2016).

Desenvolvido pelo comitê *Green Building Challenge* (GBC) o *Green Building Tool*, ou GBTool, fez parte de um projeto internacional, com objetivo de elaborar uma ferramenta capaz de ser adaptada e reproduzida para o contexto dos países participantes. Como num processo de melhoria contínua, as equipes participantes testaram o funcionamento da ferramenta em seus países e expuseram os resultados nas conferências internacionais do *Sustainable Built Environment* – SBE (Mateus e Bragança, 2011).

Além de favorecer a adequação da ferramenta às condições pontuais e específicas, o SBTool possibilita a interpretação das prioridades de desempenho, armazenamento de informações, e permite a auto avaliação (Shamseldin, 2016). Em sua formulação, a ferramenta teve como alvo avaliar critérios de desempenho em edificações, na etapa de concepção, execução e durante as operações, sendo essa projetada especialmente para incluir as condições e valores regionais, em idiomas locais, sem desorganizar estruturas e terminologias em comum, permitindo avaliações comparativas internacionais (Larsson, 2016).

Com relação a sua estrutura, o sistema do SBTool apresenta dois arquivos distintos e interligados. Disponíveis em Excel, o primeiro arquivo nomeado como SBTool-A consiste na avaliação do local na etapa preliminar ao desenvolvimento do projeto. A finalidade é permitir que especialistas definam os pesos, marcas de referência e estabeleçam os padrões compatíveis com o contexto local. Já o arquivo SBTool-B é direcionado a avaliação

do edifício nas etapas de projeto, construção e operação. É nesse arquivo que o projetista abastece informações acerca do projeto que será avaliado (Larsson, 2016).

Destaca-se que a estrutura organizacional da ferramenta funciona segundo uma ordem hierárquica de categorias e critérios (Larsson, 2016). Cada categoria é constituída por um ou mais critérios. A pontuação final é o resultado da soma das informações atribuídas em cada item que constitui a ferramenta.

O sistema pode ser alterado de forma a incluir de 10 a mais de 115 critérios, sendo definido conforme os escopos mínimos, médios, máximos e para desenvolvedores. O escopo mínimo contém a quantidade mínima de critérios estabelecidos pelos desenvolvedores para alcance das questões fundamentais da sustentabilidade. A versão mínima é limitada, mas tem como finalidade fornecer avaliações mais rápidas e menos complexas. Mais abrangente, o escopo médio é a versão que atende as questões mais importantes da sustentabilidade. Já o escopo máximo compreende que todos os critérios sugeridos pela ferramenta serão utilizados no processo avaliativo. O escopo para desenvolvedores contém os critérios existentes e os que estão em desenvolvimento para uso, referência e aprimoramento de critérios pela equipe desenvolvedora (Larsson; Bragança, 2012; Larsson, 2016).

Sendo o SBTool desenvolvido para permitir adaptações regionais (Cole, 2010; Larsson, 2016), a quantidade de critérios foi planejada para abranger todas as dimensões da sustentabilidade em locais onde não há métodos de avaliação, possibilitando envolver questões que foram pouco abordadas ou ignoradas (Ding, 2008). Sua estrutura visa permitir que os usuários possam avaliar e refletir as prioridades, tecnologias e cultura referentes a sua região. Para tanto, a adaptação da ferramenta para contexto local inicia-se com a inclusão ou exclusão dos critérios que compõe a ferramenta (Alyami e Rezgui, 2012).

De acordo com Lee e Burnett (2006) e Bissoli et al. (2016) o estabelecimento dos sistemas de pesos e ponderações das ferramentas de avaliação da sustentabilidade eventualmente, é realizado por meio de pesquisas estruturadas ou revisões das políticas públicas. Fundamentado por essas informações, verifica-se os níveis de relevância de cada item das ferramentas (Lee e Burnett, 2006), a exemplo do SBTool, e estipulam-se pesos compatíveis com a significância de cada questão. Os sistemas de ponderação, usualmente, têm como suporte as diversas informações obtidas durante o processo de formulação da ferramenta. Para quantificação da relevância de cada item, são utilizadas equações, fórmulas ou algoritmos.

A partir de 2007, foi definido um método para distinguir os elementos de ponderação entre cargas e efeitos da construção no ambiente ou nos seres humanos (Larsson, 2015; Bragança e Mateus, 2017), representada pelo quadro de pontuação. Cada indicador, categoria ou parâmetros que compõe a ferramenta apresentam valores pré-determinados pelo sistema interno de pesos do SBTool. Nesse sistema os pesos dos indicadores são

definidos segundo as seguintes variáveis: Efeitos locais (EI); Extensão do efeito em potencial (Ep); Duração do efeito em potencial (Ed); Intensidade do efeito em potencial (Ei); e Sistema primário diretamente afetado (Es).

O quadro atribui valores de referência aos parâmetros por meio da pontuação crescente de 1 podendo chegar a 5 (Larsson, 2015). A atribuição dos valores na escala indicada (1 a 5 pontos) evidencia a significância do efeito segundo as variáveis apresentadas, no qual quanto maior o número, maior a significância do efeito, conforme quadro de pontuação representado no **Quadro 10** (Larsson, 2016).

Quadro 10. Quadro de pontuação do SBTool

← Ajustável →	← Valores pré-definidos →			
Efeito Local (EI) 1 a 5 pontos	Extensão do efeito em potencial (Ep) 1 a 5 pontos	Duração do efeito em potencial (Ed) 1 a 5 pontos	Intensidade do efeito em potencial (Ei) 1 a 3 pontos	Sistema primário diretamente afetado (Es) 1 a 5 pontos
(1) Muito menos (2) Menos (3) Ok (4) Mais (5) Muito mais	(1) Edifício (2) Sítio (3) Vizinhança (4) Regional (5) Global	(1) 1 a 3 anos (2) 3 a 10 anos (3) 10 a 30 anos (4) 30 a 75 anos (5) >75 anos	(1) Menor (2) Moderado (3) Maior	(1) Funcionalidade/facilidade de manutenção (1) Custo e economia (2) Bem-estar, segurança e produtividade dos indivíduos (2) Questões culturais e sociais (3) Recursos da Terra (3) Recursos hídricos não renováveis (3) Ecossistemas (4) Atmosfera local e regional (5) Clima local

Fonte: Adaptado de Larsson (2016).

O método de ponderação foi desenvolvido para promover a usabilidade da ferramenta fundamentado no rigor científico. O sistema de ponderação pelo cálculo das variáveis proposto, identifica as entradas e saídas resultantes do processo da construção civil bem como os efeitos das atividades no meio ambiente e na qualidade de vida dos usuários. A importância (peso) de cada indicador resulta da multiplicação dos pontos obtidos em cada variável, podendo ser ajustada, para cima ou para baixo, em função da especificidade local até ao limite máximo de 10% (Bragança e Mateus, 2017).

A coluna de Efeitos locais (EI) permite que o avaliador efetue ajustes compatíveis com o contexto regional. Contudo, a ferramenta estabelece uma amplitude máxima permitida para esse ajuste, observando-se que as alterações realizadas por terceiros podem influenciar no máximo em 10% dos valores finais, para mais ou para menos. Já as colunas de extensão (Ep), duração (Ed), e intensidade (Ei) do efeito em potencial contam com valores pré-definidos pela equipe de desenvolvimento da ferramenta. A coluna de Sistema primário afetado (Es) tem seus valores baseados nas normativas internacionais (Larsson, 2016).

No caso específico da Antártica, entre as vantagens na adaptação do SBTool destaca-se a permissão para inclusão de variáveis e valores de referência que expressam as características locais sem desorganizar o sistema interno da ferramenta, ou alterar terminologias. Isso se deve ao fato que o quadro de pontuação do SBTool e a legislação ambiental, representada pelo Protocolo de Madri, utilizarem variáveis equivalentes para análise dos impactos: extensão (Ep), duração (Ed), intensidade (Ei) e sistema primário afetado (Es).

No sistema interno da ferramenta, um algoritmo afere o produto das informações do quadro de pontuação de cada variável, conforme a fórmula 1 (SBTool, 2015):

$$Fk_1 = El \times Ep \times Ed \times Ei \times Es \quad (1)$$

Onde:

Fk = Fator de impacto do critério

El = Efeito local

Ep = Extensão do efeito em potencial

Ed = Duração do efeito em potencial

Ei = Intensidade do efeito em potencial

Es = Sistema primário diretamente afetado

A partir do Fator de impacto (Fk), obtém-se o peso (W). Para tanto, há o somatório do fator de impacto dos critérios que compõe a ferramenta. A fórmula 2 representa a porcentagem equivalente ao peso individual do critério (SBTool, 2015):

$$W_{i, x} = \frac{Fk}{\sum_{k=1} Fk} \quad (2)$$

Onde:

W = Peso do critério

Fk = Fator de impacto

O peso de cada categoria é determinado pelo somatório dos pesos dos critérios que a compõe, assim como o peso de cada questão está vinculado aos valores de cada categoria (SBTool, 2015).

Efetuada a adaptação e determinados os pesos, a ferramenta está apta para a avaliação. O avaliador ou projetista deve assinalar as marcas de referência para cada critério que variam de -1 ao +5, seguindo as escalas:

- ▶ -1 = Deficiente
- ▶ 0 = Desempenho mínimo aceitável
- ▶ +3 = Boa Prática
- ▶ +5 = Melhor prática

Os resultados da ferramenta são expostos por meio de gráficos radar e gráfico de pizza. O gráfico radar demonstra o desempenho da edificação segundo as questões levantadas numa escala de 0 a 5, onde quanto mais próximo à extremidade melhor o desempenho; já o gráfico tipo pizza apresenta a pontuação em porcentagem de cada categoria (Larsson, 2016).

Por fim, considerou-se como necessário o entendimento da organização das categorias e indicadores, das variáveis que compõe o sistema interno, bem como dos métodos de ponderação da ferramenta SBTool, para análise de viabilidade e proposição da adaptação do SBTool para o contexto antártico. Uma vez que a ferramenta se apresentou passível de adaptação e equivalência com a legislação do continente, no próximo capítulo são apresentados os procedimentos metodológicos que orientaram a formulação da ferramenta de avaliação SBTool Antártica/Ambiental.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS PARA DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO SBTOOL ANTÁRTICA/ AMBIENTAL

Para o desenvolvimento da ferramenta SBTool Antártica/Ambiental., a pesquisa foi organizada e estruturada nas etapas que envolveram o atendimento aos objetivos específicos (**Figura 7**), ou seja: definição da metodologia e tipo de ferramenta; seleção dos indicadores; estabelecimento do sistema de ponderação; desenvolvimento e aplicação da ferramenta.



Figura 7. Síntese da metodologia proposta

De acordo com Andrade e Bragança (2016), para a elaboração ou adaptação dos métodos de avaliação de sustentabilidade no ambiente construído, o processo se inicia a partir do reconhecimento das características específicas do local ou região, sendo tais informações usualmente utilizadas em todas as etapas.

Na etapa que antecede o desenvolvimento da ferramenta foi realizado um levantamento de dados a partir de fontes bibliográficas primárias (teses, relatórios de conferências, legislações e publicações governamentais) e secundárias (livros e publicações em periódicos). As fontes foram selecionadas segundo critérios de reconhecimento mundial e/ou local, nível de relevância do periódico e ano de publicação, privilegiando as publicações mais recentes, sendo priorizadas fontes contendo especialmente:

- ▶ Os conceitos amplos ou específicos sobre a sustentabilidade no ambiente construído, com enfoque às ferramentas de avaliação da sustentabilidade em edificações e suas possíveis adaptações. Nessa etapa também foi focado o estudo da ferramenta SBTool, suas atualizações e adaptações oficiais. Destaca-se que a abrangência de indicadores e adaptabilidade para outros contextos motivou a escolha do SBTool como base para o desenvolvimento da ferramenta de avaliação ambiental de edificações antárticas.
- ▶ As questões ambientais, políticas, tecnológicas, culturais, sociais e econômicas do local estudo de caso, a Antártica, assim como as edificações instaladas, regimentos e relatórios internacionais para atividades da construção civil. No caso da Antártica, diante do restrito número de especialistas, os critérios de seleção das referências não envolveram limitações de ano de publicação.

Desse modo, os procedimentos metodológicos adotados tiveram como início a seleção e leitura técnica científica do acervo bibliográfico citado. Esses documentos serviram de subsídio para todas as etapas de desenvolvimento da ferramenta proposta.

3.1 Etapa 1 - Seleção de indicadores

A partir da lista de indicadores de Montarroyos (2015), a etapa 1 consistiu na inclusão e atualização dos dados por meio da versão mais recente do SBTool (SBTool, 2020), associado aos critérios de recorte e verificação de indicadores tendo por parâmetro de inclusão ou exclusão, entre outros aspectos, os relatórios de EIA das estações científicas planejadas para o Continente e da legislação antártica representada pelo Protocolo de Madri, conforme **Figura 8**.

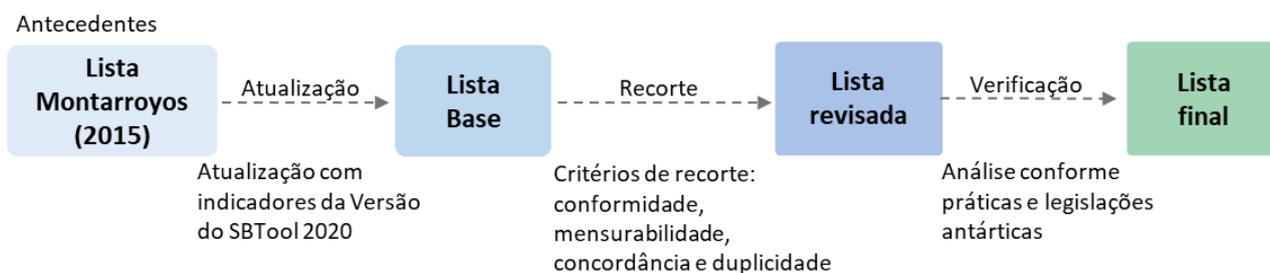


Figura 8. Esquema básico do processo de obtenção dos indicadores

A proposta de Montarroyos (2015) refere-se ao resultado da pesquisa realizada durante a etapa do mestrado que originou 57 indicadores ambientais, organizados em 6 categorias. Para o alcance desses resultados a pesquisa procedeu à elaboração dos indicadores pela inserção dos condicionantes, fatores limitantes e potencialidades na estrutura analítica e posterior seleção dos indicadores constituintes nas ferramentas por pré-requisitos de adequabilidade e sensibilidade às mudanças. Na última etapa metodológica, os indicadores foram enviados para um grupo de pesquisadores para avaliação de relevância.

Apesar da relevância da lista de Montarroyos (2015) ter sido testada por um grupo de especialistas, para a presente pesquisa julgou-se imprescindível proceder a atualização do conteúdo e possível inclusão de indicadores, bem como o detalhamento da listagem original visando promover a efetiva aplicabilidade da ferramenta. Destaca-se, ainda, que a listagem anterior continha todos os aspectos relacionados à sustentabilidade sendo posteriormente identificada a necessidade de maior atenção e detalhamento nos indicadores relacionados à questão ambiental, visto ser esse o aspecto efetivamente relevante no contexto da Antártica. Dentre outros aspectos, também foi considerada a necessidade de adaptação e verificação dos indicadores segundo práticas realizadas no continente.

3.1.1 Atualização e inclusão

Entendendo a necessidade de atendimento às questões atuais e específicas do continente antártico, foi prevista a atualização e inclusão dos indicadores não considerados na lista de Montarroyos (2015).

Para tanto, inicialmente foi realizada a identificação dos indicadores acrescentados na última versão do SBTool (SBTool, 2020) para edificações. Observou-se que após o desenvolvimento da pesquisa que gerou a lista de indicadores, foram desenvolvidas duas atualizações da ferramenta base SBTool – versão 2016 e 2020. Uma vez que a atualização de 2020 apresentou um número mais abrangente de indicadores, foi feito o levantamento dos indicadores adicionados na versão 2020 para verificação da possibilidade de inclusão à lista base, conforme demonstrado na **Figura 9**.

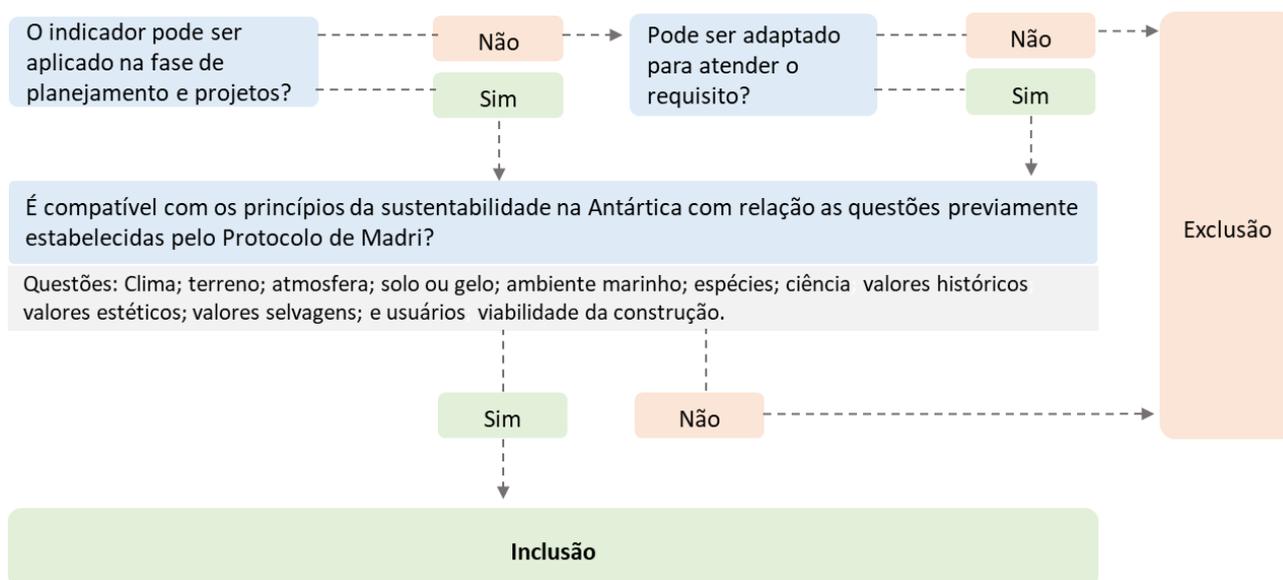


Figura 9. Procedimentos de atualização de indicadores

Como evidenciado na **Figura 9**, os indicadores adicionais ao proposto inicialmente por Montarroyos (2015) foram analisados segundo atendimento ao escopo da ferramenta e compatibilidade em relação à especificidade da Antártica:

- ▶ **Atendimento ao escopo da ferramenta:** análise de viabilidade de avaliação do indicador nas etapas de planejamento e projeto, como forma de evitar indicadores de alta complexidade avaliativa (por exemplo, indicadores que demandam simulações específicas ou equipamentos para medições *in loco*).
- ▶ **Compatibilidade à especificidade da Antártica:** estabelecimento da relação do indicador aos condicionantes ambientais da Antártica, bem como aos princípios do conceito de sustentabilidade do ambiente construído contidos na legislação vigente e com as ações e/ou atividades planejadas no continente antártico, ou se há a necessidade de ajustes.

Os indicadores que apresentaram possibilidade de aplicação no continente para a etapa construtiva de planejamento e projeto foram selecionados, agrupados em categorias e comparados com os indicadores presentes na lista de Montarroyos (2015). As categorias foram definidas com base no sistema interno do SBTtool Genérico; nas normativas internacionais e também com os princípios estabelecidos no Protocolo de Madri. Aqueles indicadores que apresentaram abordagem complementar foram adicionados à lista base.

3.1.2 Recorte

Entende-se que às especificidades da Antártica como uma área de preservação e interesse ambiental pode originar uma lista extensa de indicadores ambientais (Montarroyos et al., 2020). Contudo, Alyami e Rezgui (2012) alertam que devido à grande quantidade de informações há a possibilidade de dificultar o processo avaliativo, além de tornar a ferramenta complexa de ser utilizada, reforçando a necessidade de proceder a um

recorte para eliminação de indicadores irrelevantes e para a simplificação do processo avaliativo (Waldetário e Alvarez, 2010; Mateus e Bragança, 2011; Bissoli-Dalvi, 2014).

Desse modo, a etapa metodológica foi caracterizada pelo refinamento da lista base de indicadores segundo critérios de conformidade, mensurabilidade, concordância e duplicidade do indicador, conforme **Quadro 11**.

Quadro 11. Critérios para recorte da lista de indicadores

Critério	Objetivo do critério	Procedimento
Conformidade	Identificar se o objetivo do indicador está coerente com as práticas internacionais e se expressa com clareza os resultados esperados da avaliação.	Ajuste da nomenclatura e/ou dos objetivos.
Mensurabilidade	Verificar se o indicador é possível de ser mensurado, evitando assim avaliações subjetivas.	Ajuste de conteúdo ou exclusão.
Concordância	Conferir se o conteúdo do indicador está em concordância com a abordagem realizada na categoria no qual se insere.	Transferência de categoria.
Duplicidade	Verificar se há similaridades da função ou resultado do indicador com os demais indicadores que compõe a lista, evitando abordagens em duplicidade.	Junção do conteúdo de indicadores semelhantes, quando possível, e/ou alteração do conteúdo.

Para transparência e entendimento do processo de adequação, os indicadores foram organizados por categorias e inseridos em quadros comparativos, nos quais foram apontadas as alterações, exclusões, junções e/ou adições executadas, juntamente com a justificativa de cada ação. Dessa forma, a etapa permitiu a exclusão dos indicadores duplicados, ajustes de conteúdo, alterações nas nomenclaturas e otimização da lista dos mesmos.

3.1.3 Verificação dos indicadores

Em centros urbanos, a revisão das leis e normas locais é realizada por diversos autores no processo de formulação e averiguação de sistemas de avaliação da sustentabilidade (Lazar e Chithra, 2020). No caso da Antártica, apesar de ainda não haver normativas específicas, observou-se no Anexo I do Protocolo de Madri, nas Avaliações de Impacto Ambiental (AIA) para edificações e nos documentos oficiais das reuniões consultivas, um potencial aporte para formulação da ferramenta e, principalmente, para a legitimação das boas práticas planejadas no continente.

Como exposto na revisão bibliográfica, o alto nível de detalhamento desses documentos pode fornecer dados importantes para o planejamento de edificações mais sustentáveis no âmbito da construção civil e, conseqüentemente, contribuir para verificar se os indicadores estão em concordância com as práticas na Antártica. Assim sendo, para a presente pesquisa foram revisados os relatórios de avaliação de impacto ambiental abrangentes para construção de estações científicas com data posterior à 2006 – devido à atualização das diretrizes de avaliação na Reunião Consultiva –, e as avaliações dos países signatários do Tratado da Antártica sobre os relatórios apresentados no período. O objetivo foi investigar se os indicadores

previstos na lista foram mencionados nos documentos e qual foi o parecer dos membros do Comitê Consultivos sobre a aplicação nas estações científicas.

A análise do conteúdo foi realizada com base exploratória, na qual as palavras-chave e sinônimos que representam os indicadores foram inseridas na ferramenta de busca. O conteúdo foi estruturado e debatido em categorias, e para demonstrar visualmente os resultados, os dados obtidos foram organizados num quadro de relação do indicador com os CEE, demarcando a presença ou ausência do indicador em cada relatório.

Uma vez que todo CEE é desenvolvido por uma equipe multidisciplinar, a adoção de indicadores pode contribuir para o enriquecimento dos dados e a ausência dos indicadores nos relatórios pode sinalizar dificuldade de avaliação desses nas etapas de planejamento. A análise dos documentos possibilitou detectar se há informações suficientes para realização da avaliação do indicador na etapa de planejamento e projeto, além de revelar estratégias já testadas na Antártica.

Ressalta-se que todos os relatórios foram revisados pelo Comitê Consultivo do Protocolo de Madri. Assim, ainda que algum aspecto não tenha sido mencionado pelos países responsáveis pela elaboração dos relatórios, as observações expressas pelo Comitê também foram consideradas para verificação dos indicadores.

Em suma, nessa etapa, houve adequação da nomenclatura, objetivo ou resultados esperados, inclusão de indicadores não considerados nas etapas anteriores, além da exclusão daqueles incompatíveis com a prática realizada no continente.

3.2 Etapa 2 – Estabelecimento do sistema de ponderação

Por meio das pesquisas documental e bibliográfica, observou-se que para definição da metodologia de ponderação as instituições e desenvolvedores alertaram para os seguintes aspectos: possibilidade de adaptação de ferramentas globais reconhecidas (Andrade e Bragança, 2016); necessidade da análise do contexto e atendimento à legislação local para planejamento de edificações mais sustentáveis (Awadh, 2017); envolvimento de um grupo de especialistas e intervenientes no processo de ponderação (Al-Jebouri et al., 2017); e participação dos usuários da edificação no processo de construção dos indicadores (Haapio e Viitaniemi, 2008).

Desta maneira, o procedimento para definição da metodologia de ponderação foi estruturado no sistema da ferramenta de reconhecimento mundial SBTool, buscando a adaptação dessa por meio do atendimento à legislação vigente – representada pelo Protocolo de Madri – e pela observação dos procedimentos que regem as atividades da construção civil no continente. O processo de ponderação ainda envolveu os resultados de

uma pesquisa estruturada com a participação de especialistas e de usuários da Estação Antártica Comandante Ferraz, pertencente ao Brasil.

A partir das informações levantadas foi possível a organização da estrutura preliminar da ferramenta SBTool – Antártica; definição do algoritmo do sistema interno, do quadro de pontuação e técnicas de ponderação, além da formulação da ferramenta.

3.2.1 Algoritmo do sistema interno

Para a adoção de um sistema de ponderação foi utilizado, inicialmente, o algoritmo 1 do sistema interno do SBTool, visto que esse afere o produto das informações inseridas no quadro de pontuação.

$$Fk_1 = El \times Ep \times Ed \times Ei \times Es \quad (1)$$

O algoritmo foi desenvolvido considerando o conhecimento do avaliador e a importância do indicador no contexto local – representada pela variável Efeito local (El) –, bem como os condicionantes ambientais e legais determinados pela equipe desenvolvedora nos itens de Extensão (Ep), Duração (Ed), Intensidade (Ei) e Sistema primário diretamente afetado (Es).

Já que o sistema interno do SBTool tem confiabilidade reconhecida, permite adaptações e envolve as questões ambientais e legais, o algoritmo 1 poderia ser utilizado sem a necessidade de intervenções. Contudo, não há no sistema interno do SBTool a variável probabilidade.

Na Antártica, o preenchimento da variável probabilidade pode servir de alerta para a elaboração de medidas que visem a prevenção ou mitigação do impacto, dessa forma, a avaliação da probabilidade de impacto negativo no ambiente é de apresentação obrigatória nos EIA. Assim, de acordo com a legislação da Antártica e as práticas internacionais, a variável Probabilidade de Efeito Potencial (Pe) foi adicionada, conforme o algoritmo 2:

$$Fk^1 = El \times Ep \times Ed \times Ei \times Pe \times Es \quad (2)$$

Em síntese, no âmbito do processo de adaptação do SBTool buscou-se a autonomia de ponderação do avaliador, compreendendo o ajuste das variáveis segundo o Protocolo de Madri e os relatórios de EIA para edificações entregues pelas nações, e por fim, teve como aporte a experiência de profissionais e usuários.

3.2.2 Quadro de pontuação

Considerando que o quadro de pontuação utilizado na ferramenta SBTool Genérico pode não ser representativo para avaliação ambiental no continente, essa etapa metodológica objetivou adaptação dos parâmetros que compõe o quadro de pontuação (exposto anteriormente no Quadro 10 do capítulo 2).

Para isto, na determinação dos parâmetros foram levantados nos relatórios CEEs e a tabela matriz de impactos ambientais. Essas são preparadas para sintetizar os possíveis impactos ambientais da construção e operação de edificações, e apresentam, assim como o SBTool, o parecer acerca do impacto de acordo com as variáveis de Extensão (Ep), Duração (Ed), Intensidade (Ei) e Probabilidade (Pe).

Assim, nessa etapa metodológica os parâmetros utilizados pelos países proponentes foram organizados num quadro comparativo. Com os parâmetros estabelecidos, as métricas foram atribuídas na mesma escala numérica (de 1 podendo chegar a 5 pontos) utilizada no SBTool. Esta etapa permitiu a análise comparativa dos resultados, a padronização dos dados e o apoio à preparação do quadro de pontuação específico para a Antártica.

A etapa metodológica foi publicada em 2019 no artigo intitulado *Assessing the environmental impacts of construction in Antarctica* na revista indexada *Environmental Impact Assessment Review* (Montarroyos, Alvarez e Bragança, 2019), reproduzida no Anexo I da tese.

3.2.3 Atribuição de pesos

Para o sistema interno da ferramenta, foi estabelecido o algoritmo 2 ($Fk^1 = El \times Ep \times Ed \times Ei \times Pe \times Es$) para ponderação individual do indicador. Nesse algoritmo o peso da variável Efeito Local (El) foi calculado com base na pesquisa estruturada; na análise do Protocolo de Madri e relatórios inerentes; e na identificação dos impactos das atividades da construção civil, conforme publicado por Montarroyos, Alvarez e Bragança (2018)⁵ no artigo *Methodology for environmental assessment in Antarctic buildings*, publicado em 2018 na revista indexada *Environmental Impact Assessment Review*, reproduzido no Anexo II da tese.

Em síntese, o resultado da variável Efeito Local (El) é obtido a partir do algoritmo 3:

$$El = \frac{LI}{RI} \times RC \quad (3)$$

Onde:

El = Efeito local

LI =Nível de Impacto

RI = Relevância do Indicador

⁵ No artigo, a variável Efeito local (El) foi nomeado como *Weight of indicator* - WI. Para o presente trabalho a nomenclatura foi alterada objetivando a compatibilidade com a ferramenta base SBTool.

RC = Relevância da Categoria

Em concordância com o conteúdo do Protocolo de Madri, a fase de ponderação dos indicadores envolveu a avaliação e a determinação do Nível de Impacto (LI) de cada indicador segundo os critérios de Área de impacto (AI) e Grau de impacto (GI).

As Áreas de Impacto foram subdivididas em duas categorias: impacto direto e impacto indireto. Tal subdivisão está relacionada com a forma de interferência em relação à fração territorial, incluindo nesse conceito o solo/gelo, a água, o ar e todos os seus componentes. Assim, entende-se como Área de Impacto direto aquelas onde a relação de causa e efeito é direta, ou seja, na porção territorial imediatamente atingida pela ação acarretou em alterações no clima, na qualidade do ar, no solo, na água e/ou nas espécies locais. Já a Área de Impacto indireto é aquela atingida por uma reação secundária em relação ao elemento inicial causador do impacto (Glasson et al, 2012). Para o processo de ponderação foi atribuído um ponto para cada Área de Impacto direto e meio ponto para cada Área de Impacto indireto.

O Grau de Impacto (GI) foi classificado conforme preconiza o Protocolo de Madri, artigo 8. Esse pode ser definido como: 1) inferior a um impacto menor ou transitório; 2) impacto menor ou transitório; ou 3) superior a um impacto menor ou transitório, conforme **Quadro 12**.

Quadro 12. Pontuação do Grau de Impacto (GI)

Pontos	Graduação de impacto	Definição
1	Inferior a um impacto menor ou transitório	Impacto de menor duração, no qual sua execução ou repetição não acarreta em mudanças da configuração natural, não sendo necessárias medidas mitigadoras, reparos ou avaliações.
1,5	Impacto menor ou transitório	Impacto de curta duração que não altera a configuração natural do ambiente. Nesse, pode haver medidas mitigadoras, mas não há exigências de medidas de recuperação e/ou avaliação.
2	Superior a um impacto menor ou transitório	Impacto de curta ou longa duração que altere a configuração natural do ambiente e/ou viole os acordos internacionais. Consequentemente, há a exigência de medidas de recuperação, avaliação e/ou reparo.

Fonte: Adaptado de SAT (2016)

Diante do exposto, para obtenção do Nível de Impacto (LI) do indicador no ambiente Antártico multiplicou-se AI e GI. Na pesquisa, os valores de AI e GI foram definidos para que o produto ou resultado do Nível de Impacto fosse representado por uma escala de 1 a 10. Assim, de acordo com as variáveis expostas, a pontuação 1 obtida demonstra que o não atendimento ao indicador pode apresentar efeito menor ou transitório em apenas uma área de impacto. Já a pontuação 10 no NI significa que o não atendimento ao indicador pode ocasionar consequências de curta ou longa duração em todas as 5 áreas estabelecidas pelo Protocolo de Madri, podendo provocar alterações nocivas na configuração natural do ambiente antártico.

Estando definido o LI, os valores de RI e RC, assim como no artigo publicado, foram obtidos a partir da pesquisa estruturada com especialistas antárticos. Para isso, devido à alteração da lista de indicadores, junto à nova pesquisa para determinação dos pesos, foram questionados os níveis de relevância dos indicadores.

A pesquisa contou com um grupo de profissionais vinculados ao projeto ARQUIANTAR⁶ e pesquisadores com trabalhos multidisciplinares na área da construção civil. O perfil dos participantes foi definido de acordo com o atendimento aos pré-requisitos de conhecimento acerca do processo de avaliação de sustentabilidade em edificações, e experiência de visitação no continente ou autoria de publicação científica tendo como estudo de caso a Antártica.

Nesse questionário foi solicitado, inicialmente, o preenchimento das informações como área de atuação, formação, quantidade de publicações e visitas ao continente. Essas informações permitiram a distinção do nível de conhecimento dos participantes em relação aos indicadores e ao local.

No processo de avaliação dos indicadores foi requerido o preenchimento do quadro de pontuação conforme item 3.2.2 – para obtenção dos valores de Ep, Ed, Ei, Es e Pe – e do nível de relevância – para alcance do valor de EI. No caso dos níveis de relevância, na avaliação foram atribuídos os seguintes valores: 1 para irrelevante; 2 para pouco relevante; 3 para relevante e 4 para muito relevante.

Em caso de não compreensão, dúvidas ou comentários ao final de cada item, foi disponibilizado um campo para “observações complementares” para possibilitar a contribuição dos participantes e enriquecimento da pesquisa. Essa, em seu formato completo, está disponível no Anexo III da tese.

O questionário foi enviado por meio de um *link* do serviço de armazenamento e sincronização de dados do *SurveyMonkey* para 18 pesquisadores vinculados ao ARQUIANTAR. Com colaboração anônima e voluntária, os participantes tiveram 55 dias para acesso e envio das respostas – do dia 9 de novembro de 2020 ao dia 2 de janeiro de 2021 –, não havendo garantia da quantidade de respondentes. Ao final do prazo, a pesquisa contou com a participação de 13 respondentes. Os resultados da pesquisa foram inseridos numa planilha em formato Excel para tratamento dos dados e obtenção do fator de impacto (Fk) do indicador.

A partir da obtenção do valor do fator de impacto de cada indicador foi realizada a etapa de ponderação dos indicadores e categorias das ferramentas. Observa-se que no sistema da ferramenta SBTTool, o processo de ponderação prevê a agregação dos fatores de impacto por soma ponderada. O peso do indicador é obtido com

⁶ Desenvolvido desde 1987, o ARQUIANTAR – Arquitetura na Antártica é um projeto multidisciplinar vinculado ao Programa Antártico Brasileiro que visa o desenvolvimento de soluções no âmbito tecnológico e ambiental relacionadas ao aprimoramento e otimização das edificações brasileiras na Antártica.

base na relevância desse, em relação aos demais indicadores que compõem a ferramenta, conforme algoritmo 4. O peso dos critérios e das categorias é resultante da soma ponderada dos indicadores que a constituem, assim como o peso da dimensão é resultado da soma ponderada das categorias que a compõe (Larsson, 2016).

$$P = \frac{Fk}{\sum_{k=1}^n Fk} \quad (4)$$

Onde:

P = Peso do indicador

Fk = Fator de impacto do indicador

n = Número total de indicadores

3.2.4 Definição das versões

Conforme preconizado pelo SBtool, a ferramenta deve conter versões que viabilizam avaliações de sustentabilidade abrangentes ou simplificadas. Dessa forma, foram desenvolvidas três versões de diferentes níveis de complexidade: mínima, média e máxima.

Os indicadores que compõem as versões foram definidos de acordo com o valor obtido na variável Efeito local (EI), como apresentado no **Quadro 13**. Assim, para a versão mínima foram utilizados os indicadores que apresentaram pontuação igual ou maior que 4,0 pontos de Efeito Local (ver algoritmo 3), como indicadores indispensáveis para promover edificações minimamente de baixo impacto ambiental. Já a versão média é composta por indicadores cuja pontuação de EI foi maior que 2,0 pontos e menor que 4,0 pontos. E a versão máxima, como a forma mais abrangente da ferramenta, é composta por todos os indicadores.

Quadro 13. Versões da ferramenta segundo pontuação do Efeito local

Versão	Efeito Local (EI)	Definição
Mínima	Pontuação igual ou maior que 4,0	Nível composto por indicadores indispensáveis para atendimento às normas locais e para a construção de edificações minimamente de baixo impacto ambiental.
Média	Pontuação maior que 2,0	Nível constituído por indicadores que atendem a legislação da Antártica e foram considerados fundamentais pelos pesquisadores para promover a sustentabilidade no Continente.
Máxima	Todas as pontuações	Nível composto por todos os indicadores da lista correspondendo à forma mais completa para avaliação da sustentabilidade em edificações antárticas. Versão sugerida para elaboração de avaliações de impacto ambiental.

Para a formulação da ferramenta foi desenvolvida a versão máxima por se tratar da mais abrangente e englobar todos os indicadores. Destaca-se que, uma vez que todos os indicadores foram detalhados e ponderados no

desenvolvimento do instrumento em planilha Excel, foi planejada a autonomia do usuário para escolha da versão que deseja proceder à avaliação.

A apresentação na íntegra de todos os indicadores possibilita ao usuário a utilização consciente da ferramenta com relação à escolha da versão, podendo servir, ainda, como elemento motivador para alcance de pontuações na versão máxima.

3.3 Etapa 3 – Desenvolvimento da ferramenta

Para uma melhor compreensão do processo de desenvolvimento da ferramenta, seguem detalhadas as etapas de estruturação e da forma de apresentação dos resultados.

3.3.1 Estrutura de avaliação

A estruturação da ferramenta de avaliação ambiental para edificações antárticas envolveu a apresentação dos indicadores contemplando seus dados internos e ponderação.

O desenvolvimento dos dados internos dos indicadores foi estruturado de acordo com os itens apresentados na **Figura 10**.

A. Categoria	Pesos das versões		
	Máxima	Média	Mínima
	%	%	%
A.1. Indicador	Pesos das versões		
	Máxima	Média	Mínima
	%	%	%
Definição/objetivo			
Contexto/informações relevantes			
Fontes de informação			
Marcas de referencia			
Pontuação	Desempenho associado		
-1			
0			
3			
5			

Figura 10. Conteúdo proposto para a ferramenta

Para obtenção dos dados internos e definição da estrutura de avaliação foram necessários o aprofundamento do conteúdo dos memoriais descritivos das estações de construção mais recentes, legislações, EIAs e relatórios das reuniões consultivas.

Caracterizadas pela abordagem qualitativa, os desempenhos associados às marcas de referência foram propostos com base nos documentos e legislações antárticas, mas considerando os valores praticados na

ferramenta SBTTool genérico, conforme **Quadro 14**. Tal organização busca identificar claramente as práticas negativas bem como valorizar as ações que mais se aproximam das boas práticas sustentáveis consideradas para o ambiente construído no Continente Antártico.

Quadro 14. Marcas de referência

Pontuação	Desempenho associado
-1	Prática negativa. Não atende ao desempenho mínimo esperado.
0	Desempenho mínimo. Corresponde às normas, à legislação ou à prática convencional.
3	Desempenho bom.
5	Prática de excelência.

Vale ressaltar que cada marca de referência pode apresentar uma ou mais práticas desejáveis para alcance da pontuação. Ainda, a obtenção da pontuação de “prática de excelência” em um indicador pode, eventualmente, interferir no desempenho desejado em outro indicador, já que as estratégias recomendadas podem ser conflitantes. Assim, o avaliador deve busca por melhores práticas e soluções por indicador, tendo as marcas de referência como instrumentos auxiliares nesse processo.

Destaca-se que, eventualmente, pelo elevado nível de exigência do indicador ou por ausência de um benchmark de referência para a excelência do item específico para o contexto antártico, a pontuação 5 pode não ser inserida no descritivo do indicador.

A etapa de estruturação da ferramenta permite ao usuário o entendimento acerca da abordagem realizada nos documentos com relação ao indicador; o estabelecimento da função e resultados esperados; o preenchimento do conteúdo previsto e específico para a ferramenta; a determinação de limites de avaliação dos indicadores; e a obtenção de soluções diversificadas.

A etapa se caracterizou pela aquisição e tratamento dos dados constituídos por dimensões, categorias, indicadores e parâmetros contemplando seus respectivos sistemas de pesos.

3.3.2 Apresentação dos resultados de avaliação

Para assegurar a interpretação e a comunicação dos resultados de desempenho por parte dos usuários da ferramenta, foram utilizados os gráficos radar e pizza. Assim como no SBTTool, o gráfico pizza apresenta a escala de pesos, enquanto o gráfico radar ilustra o desempenho da edificação segundo categorias, numa escala de 0 a 5, no qual quanto mais próximo à extremidade melhor o desempenho da edificação. Ainda, foram definidas escalas de desempenho para demonstração do resultado final obtido na avaliação, conforme **Figura 11**.

Desempenho ruim Desempenho mínimo Desempenho bom Desempenho superior Desempenho de excelência



Figura 11. Escalas de desempenho

A estruturação da ferramenta considera, ainda, a sistematização e análise final dos resultados e a orientação quanto à utilização e indicações de continuidade

3.4 Etapa 4 – Aplicação da ferramenta

A etapa 4 contemplou a validação da ferramenta por meio do teste experimental, que buscou, fundamentalmente, a comprovação da aplicabilidade da ferramenta para promover avaliação da sustentabilidade direcionada às novas edificações antárticas. Para tanto, em posse da versão final da ferramenta, foram avaliadas as novas edificações da Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF).

A escolha da EACF se deu em função da contemporaneidade da edificação – sendo a mais nova estação edificada na Antártica segundo o COMNAP (COMNAP, 2017) – além da facilidade de acesso às informações. Destaca-se, ainda, que a EACF foi proposta para ser um exemplo de edificação ambientalmente adequada, com geração mínima de impactos no ambiente natural, além de eficiente e segura, podendo eventualmente servir de referência em vários aspectos (Alvarez et al., 2013).

Para avaliação da EACF foram levantados os projetos de arquitetura e complementares, o memorial descritivo, livros e artigos, diários de obras, registros das atividades, relatórios de avaliação de impacto e também documentos registrados no site oficial da Marinha do Brasil e/ou da Secretaria do Tratado Antártico (SAT, 2021). Esses documentos serviram de base para comprovação de atendimento às marcas de referência. Em caso de dúvidas, foram consultados os profissionais vinculados ao processo de projeto e construção das edificações.

4 RESULTADOS DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO SBTOOL ANTÁRTICA/ AMBIENTAL

O presente capítulo apresenta os procedimentos adotados para a definição dos indicadores resultando na apresentação da lista final e os processos de pontuação que permitiram a estruturação da ferramenta de avaliação da sustentabilidade na dimensão ambiental.

4.1 Atualização e inclusão de indicadores

Conforme exposto na primeira etapa metodológica, para atualização da lista de indicadores inicialmente sugeridas por Montarroyos (2015), foi realizada a compatibilização entre as versões de 2015 (utilizada na pesquisa) e a de 2020 do SBTool Genérico, como a versão mais atualizada.

A versão atualizada apresentou 37 novos indicadores. Esses foram organizados e analisados segundo: a) atendimento ao escopo da ferramenta proposta; e b) compatibilidade à especificidade da Antártica, conforme

Quadro 15.

Quadro 15. Quadro analítico de inclusão dos indicadores

Cat.	Nomenclatura do indicador	A*	B*	Inclusão
Relações entre o edifício e o entorno	Proteção e restauração de zonas alagadas	Sim	Não	Não
	Proteção e restauração de ambientes costeiros	Sim	Sim	Sim
	Reflorestamento para captação de carbono, estabilidade do solo e biodiversidade.	Sim	Não	Não
	Desenvolvimento ou manutenção de corredores de vida selvagem.	Sim	Sim	Sim
	Uso de vegetação para promover resfriamento externo	Sim	Não	Não
	Uso de plantas nativas	Sim	Não	Não
	Maximização da eficiência do uso da terra através da densidade de desenvolvimento	Sim	Não	Não
	Conectividade de estradas	Sim	Não	Não
	Redução da necessidade de transporte pendular através do fornecimento de usos mistos.	Sim	Não	Não
	Condições de vento adversas no nível de edifícios altos.	Sim	Não	Não
	Impacto do processo de construção nas características naturais do local.	Sim	Sim	Sim
	Impacto do processo de construção ou paisagismo na estabilidade ou erosão do solo.	Sim	Não	Não
	Impacto do processo de construção nos residentes e usuários das instalações comerciais locais.	Sim	Não	Não
	Impacto da construção na capacidade do sistema de transporte público	Sim	Não	Não
	Impacto de veículos particulares utilizados pela construção no sistema rodoviário local.	Sim	Não	Não
Morfologia da construção, medida agregada.	Sim	Não	Não	
Água	Fornecimento, armazenamento e distribuição de água quente excedente entre grupos de edifícios.	Sim	Não	Não
	Fornecimento, armazenamento e distribuição de água da chuva excedente e água cinza entre grupos de edifícios.	Sim	Não	Não
	Prestação de instalações de águas cinzas / potáveis compartilháveis.	Sim	Não	Não

Continua

Cat.	Nomenclatura do indicador	A*	B*	Inclusão
Água	Tratamento in loco de resíduos sanitários líquidos.	Sim	Sim	Sim
	Água incorporada em materiais de construção originais.	Não	Sim	Não
	Tratamento in loco de águas pluviais, pluviais e cinzas	Sim	Sim	Sim
Energia	Fornecimento, armazenamento e distribuição de energia térmica excedente entre grupos de edifícios.	Sim	Não	Não
	Fornecimento, armazenamento e distribuição de energia fotovoltaica excedente entre grupos de edifícios.	Sim	Não	Não
	Instalação de sistemas para produzir energia a partir de resíduos sólidos.	Sim	Não	Não
	Energia não renovável incorporada em materiais de construção originais.	Não	Sim	Não
	Energia não renovável incorporada em materiais de construção para manutenção ou substituição (s).	Sim	Sim	Sim
	Programação das operações de construção para reduzir o pico de carga nas instalações geradoras.	Sim	Não	Não
Materiais	Grau de reutilização de estruturas existentes adequadas, quando disponíveis.	Sim	Sim	Sim
	Proteção de materiais durante a etapa de construção.	Sim	Não	Não
Resíduos	Resíduos sólidos do processo de construção e demolição retidos no local	Sim	Sim	Sim
	Risco de resíduos perigosos não radioativos resultantes das operações da instalação.	Sim	Sim	Sim
	Resíduos radioativos resultantes de operações da instalação.	Sim	Não	Não
	Compostagem e reutilização de lodo orgânico.	Sim	Sim	Sim
Cargas ambientais	Emissões de gases de efeito estufa da energia incorporada nos materiais de construção originais.	Sim	Sim	Sim
	Emissões de gases de efeito estufa da energia incorporada nos materiais de construção usados para manutenção ou substituição (s).	Sim	Sim	Sim
	Emissões de gases de efeito estufa da energia primária usada no transporte relacionado ao projeto	Sim	Sim	Sim

Legenda: A - para Atendimento ao escopo da ferramenta; B - para Compatibilidade à especificidade da Antártica

Sobre os novos indicadores analisados, destaca-se a grande quantidade de indicadores da categoria “Relações entre o edifício e o entorno”. A atualização do SBTool genérico evidenciou preocupações com a preservação de áreas de proteção ambiental, com a mobilidade urbana e conectividade, além dos impactos associados aos processos construtivos. Dentre os 16 novos indicadores da categoria apenas 3 atenderam o escopo da ferramenta e se mostraram compatíveis com a realidade da Antártica.

Na categoria “Água” e “Energia”, devido à baixa densidade construtiva no continente, não foram inclusos na lista os indicadores vinculados à conectividade da edificação à grupos de edifícios. Foram adicionados somente 3 indicadores sendo 2 relacionados ao tratamento *in loco* na categoria “Água”; e 1 sobre energia não renovável incorporada nos materiais na categoria “Energia”. Nas demais categorias, foram incluídos na lista 1 da categoria “Materiais”; 3 de “Resíduos”; e 3 de “Cargas ambientais”.

Nesse sentido, os resultados apontaram que dos 37 indicadores, 13 apresentaram potencial de aplicação na Antártica. Esses foram organizados em categorias, agrupados e somados à lista sugerida por Montarroyos (2015).

Para esta etapa, obteve-se como resultado 71 indicadores, ressaltando a necessidade de refinamento para usabilidade do instrumento. Para tanto, os mesmos passaram por um recorte segundo critérios de conformidade, mensurabilidade, concordância e duplicidade.

4.2 Recorte da lista

Na categoria “Relações entre o edifício e o entorno” observou-se que os indicadores “Proteção e restauração de ambientes costeiros” e “Desenvolvimento ou manutenção de corredores de vida selvagem” as abordagens são semelhantes ao objetivo do indicador “Medidas para restaurar ou manter a funcionalidade original do ambiente natural”, no qual busca-se assegurar que as atividades da construção civil não interfiram na integridade do ambiente natural em todo território antártico, considerando também cuidados com dinâmica original das espécies nativas. Ambos os indicadores têm como critérios de pontuação o planejamento e estabelecimento de medidas para preservar as espécies e recuperar os ambientes costeiros durante as etapas de construção de edificações. Assim, uma vez que os critérios de pontuação apresentaram as mesmas estratégias, foi realizada a junção das informações no indicador “Medidas para restaurar ou manter a dinâmica original do ambiente natural”.

Os objetivos dos indicadores “Impacto do processo de construção nas características naturais do local”, “Interferência da técnica construtiva na configuração natural do solo/gelo”, “Harmonia do *design* com a paisagem” e “Forma aerodinâmica” também apresentaram similaridade. Nesses, espera-se baixa ou nenhuma interferência da edificação no sítio e que esteja em harmonia com o ambiente natural, buscando o equilíbrio entre o volume edificado, as técnicas construtivas sugeridas e os condicionantes do local. Dessa forma, para a simplificação da avaliação optou-se por abordar essas questões em um único indicador, alterando a nomenclatura para “Interferência da edificação na paisagem e no ambiente natural”.

Como pode ser observado no **Quadro 16**, a mesma junção por afinidade de objetivos e resultado ocorreu com os indicadores “Medidas para isolar áreas com potencial poluente” e “Estanqueidade dos ambientes para controle de entrada/saída dos materiais biológicos em relação ao exterior”, cuja união resultou no indicador nomeado como “Estanqueidade dos ambientes para controle de entrada/saída dos materiais biológicos e poluentes em relação ao exterior”.

Quadro 16. Revisão dos indicadores da categoria “Relações entre o edifício e o entorno”

Indicadores iniciais	Ação*	Justificativa	Resultado do recorte
Medidas de atenuação do nível de pressão sonora dos equipamentos.	P	Não houve necessidade de alteração nessa etapa metodológica.	Medidas de atenuação do nível de pressão sonora dos equipamentos.

Continua

Indicadores iniciais	Ação*	Justificativa	Resultado do recorte
Proteção e restauração de ambientes costeiros.	J	Junção por Duplicidade. As informações que constituem os indicadores foram unificadas.	Medidas para restaurar ou manter a dinâmica original do ambiente natural.
Desenvolvimento ou manutenção de corredores de vida selvagem.			
Medidas para restaurar ou manter a dinâmica original do ambiente natural.			
Impacto do processo de construção nas características naturais do local.			
Interferência da técnica construtiva na configuração natural do solo/gelo.	J/N	Junção por usabilidade para promover a aplicabilidade da ferramenta. As informações que constituem os indicadores foram unificadas.	Interferência da edificação na paisagem e no ambiente natural.
Harmonia do design com a paisagem.			
Forma aerodinâmica.			
Medidas para isolar áreas com potencial poluente.	J/N	Junção por Duplicidade. As informações que constituem os indicadores foram unificadas.	Estanqueidade dos ambientes para controle de entrada/saída dos materiais biológicos e poluentes em relação ao exterior.
Estanqueidade dos ambientes para controle de entrada/saída dos materiais biológicos.			
Nível de antropização (interferência do homem no meio ambiente) do local de implantação.	E	Excluído por critério mensurabilidade.	-
Interferência na fauna e/ou flora.	E	Exclusão por inconformidade do indicador. Interferência caracterizada como impacto ambiental.	-

*Na coluna ações foram estabelecidas as legendas: P - permanência, J - junção, E - exclusão, A - adição ou transferência de categoria e N - alteração de nomenclatura.

O “Nível de antropização” foi excluído segundo o critério de mensurabilidade, dado que a estimativa do grau de transformação do ambiente pode apresentar avaliações subjetivas. Destaca-se, também, que a interferência que o homem pode causar no meio ambiente é tratada em todos os indicadores da dimensão ambiental.

Já o item “Interferência na fauna e/ou flora” teve sua exclusão embasada pelo critério de conformidade, uma vez que a interferência na biota é usualmente caracterizada nos relatórios CEE para edificações antárticas como um impacto ambiental, e não como um indicador.

Para a categoria “Água” houve a junção por similaridade de conteúdo dos seguintes indicadores: “Distância da construção em relação aos corpos hídricos” com o “Presença de água na forma líquida”; “Utilização de sistemas de reutilização das águas cinzas” com “Utilização de sistemas de reutilização das águas negras”; e “Instalação de equipamentos economizadores de água” com o “Instalação de sistemas de identificação e prevenção de vazamentos e desperdícios”. Nas primeiras situações, a distância da construção em relação às fontes de água em estado líquido e os tipos de sistemas de reutilização foram inseridos no processo de avaliação enquanto marcas de referência. Já a segunda junção, considerou-se a possibilidade de união ajustando a nomenclatura para “Instalação de equipamentos economizadores de água e sistemas de prevenção de vazamentos”, como exposto no **Quadro 17**.

Quadro 17. Revisão dos indicadores da categoria “Água”

Indicadores iniciais	Ação*	Justificativa	Resultado do recorte
Presença de água na forma líquida.	P	Não houve necessidade de alteração nessa etapa metodológica.	Presença de água na forma líquida.
Distância da construção em relação aos corpos hídricos.	E	Excluído por duplicidade. Utilização como marca de referência do indicador “Presença de água na forma líquida”.	-
Instalação de sistemas de identificação e prevenção de vazamentos e desperdícios.	J	Junção por Duplicidade. As informações que constituem os indicadores foram unificadas.	Instalação de equipamentos economizadores de água e sistemas de prevenção de vazamentos.
Instalação de equipamentos economizadores de água.			
Utilização de sistemas de reutilização das águas cinzas.	J/N	Junção por Duplicidade. Necessidade de ajuste da nomenclatura.	Sistemas de reutilização de águas cinzas e negras.
Utilização de sistemas de reutilização das águas negras.			
Tratamento <i>in loco</i> de águas pluviais e cinzas.	E	Excluído por duplicidade. Indicadores abordados na categoria “Resíduos”.	-
Tratamento <i>in loco</i> de resíduos sanitários líquidos.			
Quantidade de água potável utilizada na fase de construção dos principais elementos construtivos da edificação.	A/N	Transferido da categoria materiais por critério de compatibilidade.	Quantidade de água doce utilizada na etapa de construção da edificação.
Quantidade de água potável utilizada na fase de manutenção dos principais elementos construtivos da edificação.	A/N	Transferido da categoria materiais por critério de compatibilidade.	Quantidade de água doce utilizada na etapa de operação e manutenção da edificação.

*Na coluna ações foram estabelecidas as legendas: P - permanência, J - junção, E - exclusão, A - adição ou transferência de categoria e N - alteração de nomenclatura.

Devido à compatibilidade do conteúdo abordado em outras categorias, os indicadores “Tratamento *in loco* de águas pluviais e cinzas” e “Tratamento *in loco* de resíduos sanitários líquidos” foram transferidos para a categoria “Resíduos”. Já os indicadores “Quantidade de água potável utilizada na etapa de construção dos principais elementos construtivos da edificação” e “Quantidade de água potável utilizada na etapa de operação e manutenção dos principais elementos construtivos da edificação” foram transferidos da categoria “Materiais” para “Água”.

Na Categoria “Energia” houve o agrupamento dos indicadores relacionados à análise de consumo energético para formulação de um único indicador nomeado como “Consumo energético anual”. O mesmo ocorreu com os indicadores de eficiência energética, cuja junção resultou no indicador “Eficiência energética da edificação”, conforme demonstrado no **Quadro 18**. A diminuição da quantidade de indicadores contribui para o uso prático da ferramenta e as diferenças das fronteiras de avaliação podem ser aplicadas nas marcas de referência.

Quadro 18. Revisão dos indicadores da categoria “Energia”

Indicadores iniciais	Ação*	Justificativa	Resultado do recorte
Sistemas de energia renovável como base energética para as edificações.	P	Não houve necessidade de alteração nessa etapa metodológica.	Sistemas de energia renovável como base energética para as edificações.
Instalação de equipamentos economizadores energia.	J/N	Junção por similaridade (critério de duplicidade). Dados de avaliação foram unificados no indicador.	Eficiência energética da edificação.
Eficiência energética determinada pela envoltória.			
Eficiência energética determinada pelo sistema de aquecimento.			
Consumo de energia anual estimada por ocupante no verão, kWh/m ² .	J/N	Junção por similaridade (critério de duplicidade). Dados de avaliação unificados.	Consumo energético anual.
Consumo de energia anual estimada por ocupante no inverno, kWh/m ² .			
Estimativa do consumo energético utilizado em equipamentos.			
Energia não renovável incorporada em materiais de construção para manutenção ou substituição (s).	E	Excluído por Duplicidade. Utilização como marca de referência do indicador “Quantidade de energia utilizada na etapa de manutenção dos principais elementos construtivos da edificação”.	-
Quantidade de energia utilizada na fase de construção dos principais elementos construtivos da edificação.	A/N	Transferido da categoria “Materiais” por critério de compatibilidade.	Quantidade de energia utilizada na etapa de construção da edificação.
Quantidade de energia utilizada na fase de manutenção dos principais elementos construtivos da edificação.	A/N	Transferido da categoria “Materiais” por critério de compatibilidade.	Quantidade de energia utilizada na etapa de manutenção da edificação.

*Na coluna ações foram estabelecidas as legendas: P - permanência, J - junção, E - exclusão, A - adição ou transferência de categoria e N - alteração de nomenclatura.

Nesse, destaca-se a união do indicador “Instalação de equipamentos de alta eficiência energética” como prioridade na racionalização da energia por meio de equipamentos eficientes ao invés de proceder com medidas de redução do consumo de energia, visto que a não aplicação do indicador nas marcas de referência poderia sugerir alterações nas atividades de rotina ou diminuição do uso de aparelhos.

Os indicadores acerca da quantidade de energia dos principais elementos construtivos foram transferidos da categoria “Materiais”.

“Materiais” foi a categoria que teve maior redução no número de indicadores. Isso se deve ao deslocamento dos mesmos que estimam a quantidade de água, energia e resíduos para as categorias pertinentes e a junção de indicadores com abordagem semelhante.

Desse modo, foram unificados por duplicidade da temática os seguintes indicadores: “Utilização de sistema modular, pré-fabricado, e/ou de rápida execução” com “Utilização de sistemas construtivos flexíveis e adaptáveis”; “Adoção de materiais renováveis ou recicláveis/reaproveitáveis” com “Adoção de materiais

reutilizados ou reciclados de construções existentes”; “Medidas de proteção contra raios UV para materiais de uso externo” com “Medidas de proteção anticorrosão para elementos metálicos de uso externo”; e “Uso de materiais e sistemas resistentes às pressões do vento” com “Uso de materiais resistentes à vibração”. Foi feita, ainda, a junção dos indicadores que estimam os impactos na etapa de produção dos materiais e sistemas construtivos passando a ser nomeados como “Impactos ambientais na etapa de produção”.

A “Técnica construtiva que facilita a substituição de peças e a futura desmontagem, bem como com potencial de reutilização ou reciclagem dos elementos da edificação” foi excluída diante da semelhança do conteúdo com os indicadores citados (**Quadro 19**).

Quadro 19. Revisão dos indicadores da categoria “Materiais”

Indicadores iniciais	Ação*	Justificativa	Resultado do recorte
Uso de materiais com longa vida útil e mínima necessidade de manutenção.	P	Não houve necessidade de alteração nessa etapa metodológica.	Uso de materiais com longa vida útil e mínima necessidade de manutenção.
Utilização de sistema modular, pré-fabricado, flexível, adaptável e/ou de rápida execução.	J	Junção por similaridade (critério de duplicidade). Dados de avaliação foram unificados no indicador.	Utilização de sistema modular, pré-fabricado, flexível, adaptável e/ou de rápida execução.
Utilização de sistemas construtivos flexíveis e adaptáveis.			
Adoção de materiais renováveis ou recicláveis/reaproveitáveis.	J/N	Junção por similaridade (critério de duplicidade). Dados de avaliação foram unificados no indicador.	Adoção de materiais e elementos construtivos renováveis ou recicláveis/reaproveitáveis
Adoção de materiais reutilizados ou reciclados de construções existentes.			
Técnica construtiva que facilita a substituição de peças e a futura desmontagem, bem como com potencial de reutilização ou reciclagem dos elementos da edificação.	E	Excluído por Duplicidade. Conteúdo abordado por outros indicadores.	-
Uso de embalagens de proteção para o transporte que permitam reutilização ou reciclagem.	P	Não houve necessidade de alteração nessa etapa metodológica.	Uso de embalagens de proteção para o transporte que permitam reutilização ou reciclagem.
Uso de materiais resistentes ao fogo.	E	Exclusão por incompatibilidade. Potencial de utilização na categoria “Saúde e Segurança” por critério de compatibilidade.	-
Medidas de proteção contra raios UV para materiais de uso externo.	J/N	Junção por similaridade (critério de duplicidade). Dados de avaliação foram unificados no indicador.	Medidas de proteção da superfície de materiais de uso externo.
Medidas de proteção anticorrosão para elementos metálicos de uso externo.			
Uso de materiais e sistemas resistentes às pressões do vento.	J/N	Junção por similaridade (critério de duplicidade). Dados de avaliação foram unificados no indicador.	Resistencia da edificação às pressões de vento e à vibração.
Uso de materiais resistentes à vibração.			

Continua

Indicadores iniciais	Ação*	Justificativa	Resultado do recorte
Quantidade de água potável utilizada na fase de produção dos principais elementos construtivos da edificação.	J/N	Junção por similaridade (critério de duplicidade). Dados de avaliação foram unificados no indicador.	Impactos ambientais na etapa de produção.
Quantidade de resíduos tóxicos gerados na fase de produção dos principais elementos construtivos da edificação.			
Quantidade de energia utilizada na fase de produção dos principais elementos construtivos da edificação.			

*Na coluna ações foram estabelecidas as legendas: P - permanência, J - junção, E - exclusão, A - adição ou transferência de categoria e N - alteração de nomenclatura.

No indicador “Uso de materiais resistentes ao fogo”, além da especificação de materiais de acordo com a classificação de resistência ao fogo, esperam-se ações como: elaboração do projeto baseado em módulos que garantam a segurança contra incêndio e separação de ambientes; disposição dos corredores de forma a facilitar a fuga para o exterior; especificação de portas com sistema de fechamento automático; além de apresentação do projeto de combate ao incêndio. Nesse sentido, o indicador deve passar por alteração tanto da nomenclatura para ampliação da abordagem, quanto de categoria, no qual há maior compatibilidade com a categoria segurança, da dimensão social, causando, portanto, a exclusão do indicador na dimensão ambiental.

Também houve alteração no “Uso de materiais e sistemas resistentes às pressões do vento” e no “Uso de materiais resistentes à vibração”. Uma vez que o vento é o maior responsável pela vibração na edificação – embora não seja o único –, esses indicadores foram mencionados pelos relatórios de forma associada. Assim, os indicadores foram unificados e renomeados para “Resistência da edificação às pressões do vento e à vibração”.

Na categoria “Resíduos” foi feita a exclusão do “Resíduos sólidos do processo de construção e demolição retidos no local” diante da repetição de abordagem do conteúdo nos indicadores da categoria. Nela, ressaltam-se os ajustes realizados na nomenclatura da maioria dos indicadores propostos como forma de permitir a ampliação do conteúdo sem comprometer o objetivo do mesmo e seu entendimento por parte dos avaliadores.

Também foram transferidos da categoria “Materiais” para a categoria “Resíduos” os indicadores relacionados à quantidade de resíduos sólidos visando a melhor aplicação do conteúdo (**Quadro 20**).

Quadro 20. Revisão dos indicadores da categoria “Resíduos”

Indicadores iniciais	Ação*	Justificativa	Resultado do recorte
Geração de resíduos sólidos não-orgânicos nas etapas de construção.	N	Necessidade de ajuste da nomenclatura.	Geração de resíduos sólidos nas etapas de construção.

Continua

Indicadores iniciais	Ação*	Justificativa	Resultado do recorte
Geração de resíduos sólidos não-orgânicos na etapa de uso/operação.	N	Necessidade de ajuste da nomenclatura.	Geração de resíduos sólidos na etapa de uso/operação.
Geração de resíduos sólidos não-orgânicos na etapa de descomissionamento ou desmonte.	N	Necessidade de ajuste da nomenclatura.	Geração de resíduos sólidos na etapa de descomissionamento ou desmonte.
Utilização de sistemas de tratamento de resíduos sólidos.	J	Junção por similaridade (critério de duplicidade). Dados de avaliação foram unificados no indicador.	Implantação de instalações para o armazenamento e triagem de resíduos sólidos.
Compostagem e reutilização de lodo orgânico.			
Implantação de instalações para o armazenamento e triagem de resíduos sólidos.			
Segurança para armazenamento de resíduos perigosos.	J/N	Junção por Duplicidade. Necessidade de ajuste da nomenclatura.	Gestão de resíduos tóxicos.
Risco de resíduos perigosos não radioativos resultantes das operações da instalação.			
Geração de resíduos líquidos nas etapas de uso/operação.	J/N	Junção por Duplicidade. Necessidade de ajuste da nomenclatura.	Tratamento e destinação de águas residuárias.
Utilização de sistemas de tratamento de resíduos líquidos.			
Resíduos sólidos do processo de construção e demolição retidos no local.	E	Excluído por Duplicidade. Conteúdo abordado por outros indicadores.	-
Quantidade de resíduos tóxicos gerados na fase de construção dos principais elementos construtivos da edificação.	A/N	Transferido da categoria “Materiais” por critério de compatibilidade. Necessidade de ajuste da nomenclatura.	Quantidade de resíduos tóxicos gerados na etapa de construção da edificação.
Quantidade de resíduos tóxicos gerados na fase de manutenção dos principais elementos construtivos da edificação.	A/N	Transferido da categoria “Materiais” por critério de compatibilidade. Necessidade de ajuste da nomenclatura.	Quantidade de resíduos tóxicos gerados na etapa de manutenção da edificação.

*Na coluna ações foram estabelecidas as legendas: P - permanência, J - junção, E - exclusão, A - adição ou transferência de categoria e N - alteração de nomenclatura.

Na categoria “Cargas ambientais” foi feita a exclusão dos indicadores “Utilização de sistemas construtivos, materiais e equipamentos de baixa emissividade” e os demais relacionados às emissões de gases de efeito estufa pelo critério de repetição, já que todos os indicadores da categoria visam calcular as cargas ambientais para diminuição da emissividade dos sistemas, materiais e equipamentos, além de existir um item específico para avaliar o potencial de aquecimento global (**Quadro 21**).

Quadro 21. Revisão dos indicadores da categoria “Cargas ambientais”

Indicadores iniciais	Ação*	Justificativa	Resultado do recorte
Potencial de destruição da camada de ozônio - ODP (kg CFC-11).	P	Não houve necessidade de alteração nessa etapa metodológica.	Potencial de destruição da camada de ozônio - ODP (kg CFC-11).
Potencial de aquecimento global - GWP (kg CO ₂).	P	Não houve necessidade de alteração nessa etapa metodológica.	Potencial de aquecimento global - GWP (kg CO ₂).
Potencial de acidificação - AP (kg SO ₂).	P	Não houve necessidade de alteração nessa etapa metodológica.	Potencial de acidificação - AP (kg SO ₂).
Potencial de oxidação fotoquímica - POCP (kg.C ₂ H ₄).	P	Não houve necessidade de alteração nessa etapa metodológica.	Potencial de oxidação fotoquímica - POCP (kg.C ₂ H ₄).
Potencial de eutrofização - EP (kg PO ₄).	P	Não houve necessidade de alteração nessa etapa metodológica.	Potencial de eutrofização - EP (kg PO ₄).
Medidas para assegurar que os procedimentos de manutenção gerem o mínimo de COV.	P	Não houve necessidade de alteração nessa etapa metodológica.	Medidas para assegurar que os procedimentos de manutenção gerem o mínimo de COV.
Utilização de sistemas construtivos, materiais e equipamentos de baixa emissividade.	E	Exclusão por duplicidade diante da repetição da função ou resultado dos indicadores da categoria.	-
Emissões de gases de efeito estufa da energia incorporada nos materiais de construção originais.	E	Exclusão por duplicidade diante da repetição da função ou resultado de outro indicador da categoria.	-
Emissões de gases de efeito estufa da energia incorporada nos materiais de construção usados para manutenção ou substituição (s).	E	Exclusão por duplicidade diante da repetição da função ou resultado de outro indicador da categoria.	-
Emissões de gases de efeito estufa da energia primária usada no transporte relacionado ao projeto.	E	Exclusão por duplicidade diante da repetição da função ou resultado de outro indicador da categoria.	-

*Na coluna ações foram estabelecidas as legendas: P - permanência, J - junção, E - exclusão, A - adição ou transferência de categoria e N - alteração de nomenclatura.

Por fim, essa análise procedeu na proposição de 20 alterações na nomenclatura ou de categorias, sendo que 37 indicadores passaram por junções por similaridade de abordagem e 12 por exclusões de indicadores. A etapa contribuiu para a simplificação da lista, resultando em 35 indicadores organizados nas 6 categorias, conforme **Quadro 22**.

Quadro 22. Lista de indicadores após o recorte segundo os critérios estabelecidos

Categoria	Indicadores
Relações entre o edifício e o entorno	Medidas de atenuação do nível de pressão sonora dos equipamentos
	Estanqueidade dos ambientes para controle de entrada/saída dos materiais biológicos em relação ao exterior
	Medidas para restaurar ou manter a dinâmica original do ambiente natural
	Interferência da edificação na paisagem e no ambiente natural
Água	Presença de água na forma líquida
	Instalação de equipamentos economizadores de água e sistemas de prevenção de vazamentos
	Sistemas de reutilização de águas cinzas e negras.
	Quantidade de água doce utilizada na etapa de construção da edificação
	Quantidade de água doce utilizada na etapa de operação e manutenção da edificação
Energia	Sistemas de energia renovável como base energética para as edificações.
	Eficiência energética da edificação.
	Consumo energético anual.
	Quantidade de energia utilizada na etapa de construção da edificação.
	Quantidade de energia utilizada na etapa de manutenção da edificação.
Materiais	Uso de materiais com longa vida útil e mínima necessidade de manutenção.
	Utilização de sistema modular, pré-fabricado, flexível, adaptável e/ou de rápida execução
	Adoção de materiais e elementos construtivos renováveis ou recicláveis/reaproveitáveis
	Uso de embalagens de proteção para o transporte que permitam reutilização ou reciclagem.
	Medidas de proteção da superfície de materiais de uso externo.
	Resistência da edificação às pressões de vento e à vibração.
Resíduos	Impactos ambientais na etapa de produção.
	Implantação de instalações para o armazenamento e triagem de resíduos sólidos.
	Gestão de resíduos tóxicos.
	Geração de resíduos sólidos nas etapas de construção.
	Geração de resíduos sólidos na etapa de uso/operação.
	Geração de resíduos sólidos na etapa de descomissionamento ou desmonte.
	Tratamento e destinação de águas residuárias.
Quantidade de resíduos tóxicos gerados na etapa de construção da edificação.	
Cargas ambientais	Quantidade de resíduos tóxicos gerados na etapa de manutenção da edificação.
	Potencial de destruição da camada de ozônio - ODP (kg CFC-11)
	Potencial de aquecimento global - GWP (kg CO ₂)
	Potencial de acidificação - AP (kg SO ₂)
	Potencial de oxidação fotoquímica - POCP (kg.C ₂ H ₄)
	Potencial de eutrofização - EP (kg PO ₄)
Medidas para assegurar que os procedimentos de manutenção gerem o mínimo de COV	

4.3 Verificação dos indicadores

A etapa de verificação consistiu na avaliação de adequabilidade da lista de indicadores de acordo com as práticas planejadas para o continente e com as orientações do Comitê Consultivo. Os relatórios contribuíram para a identificação das prioridades locais e o entendimento dos processos inerentes às atividades da construção civil na Antártica. A análise das informações contidas nos documentos permitiu proceder à ajustes dos indicadores, ao acréscimo de conteúdo e também serviram de subsídios para a formulação das marcas de referência.

Os resultados gerais da etapa de verificação apontaram que apenas 9 indicadores foram citados por todos os relatórios, e outros 9 dos 35 indicadores não foram citados. Conforme explicitado na metodologia, mesmo com a unanimidade ou ausência de citação foi realizada a verificação do conteúdo da categoria para entendimento

da abordagem apresentada pelos CEEs. Tais informações foram organizadas e detalhadas em categorias, conforme a seguir detalhado.

4.3.1 Categoria “Relações entre o edifício e o entorno”

Todos os indicadores da categoria “Relações entre o edifício e o entorno” são citados nos relatórios pela maioria dos países proponentes, sendo este um resultado esperado se tratando de relatórios de impacto ambiental que analisam a influência da edificação no ambiente natural (**Quadro 23**).

Quadro 23. Abordagem dos indicadores nos relatórios –“Relações entre o edifício e o entorno”

Indicadores	Relatórios					
	A	B	C	D	E	F
1. Medidas de atenuação do nível de pressão sonora dos equipamentos.	•		•	•	•	•
2. Estanqueidade dos ambientes para controle de entrada/saída dos materiais biológicos e poluentes em relação ao exterior.	•	•	•	•	•	•
3. Interferência do design na paisagem e no ambiente natural.	•	•	•	•	•	•
4. Medidas para restaurar ou manter a dinâmica original do ambiente natural.	•	•	•	•	•	•

Legenda: A - Bélgica (Belgian Science Policy, 2006); B - Reino Unido (British Antarctic Survey, 2007); C - Índia (National Centre for Antarctic and Ocean Research, 2010); D - Coreia (Korea Polar Research Institute, 2011); E - China (Polar Research Institute of China, 2014); e F - Bielorrússia (National Academy of Sciences of Belarus, 2015)

Sobre o primeiro indicador, observou-se que a abordagem é destinada à melhoria do conforto dos usuários e mitigação do impacto ambiental nas espécies nativas com a diminuição da pressão sonora e vibração dos equipamentos, veículos, geradores e/ou maquinários.

Entre as estratégias apresentadas estão: o controle e limitação das rotas de tráfego de veículos automotores; restrições das operações aéreas – conteúdo posteriormente abordado na resolução 4 (ATCM, 2018); além do uso de silenciadores, materiais isolantes e utilização de barreiras acústicas. Ainda, destaca-se o conteúdo do relatório da Coreia (Korea Polar Research Institute, 2011) – que apresenta plano de atenuação do ruído, contendo cálculos, mapeamento e monitoramento do impacto envolvendo as áreas de reprodução e nidificação próximas à estação –, e da Bielorrússia (National Academy of Sciences of Belarus, 2015), que para avaliar o impacto do ruído de helicóptero utiliza modelos de simulação de nível de ruído.

Ressalta-se que, apesar dos relatórios e a ferramenta ter como fronteira de avaliação a edificação, algumas medidas observadas nos CEEs apontaram para a necessidade de abordar o processo logístico uma vez que as rotas e trajetos dos veículos interferem diretamente na dinâmica das espécies do entorno imediato.

Em quatro relatórios são apresentados índices que representam os níveis satisfatórios de pressão sonora para as diversas etapas, atividades ou sistemas e que podem ser adotados como referência para avaliação de futuras edificações (National Centre for Antarctic and Ocean Research, 2010; Korea Polar Research Institute, 2011; Polar Research Institute of China, 2014; National Academy of Sciences of Belarus, 2015).

Todos os relatórios fazem menção à “Interferência do design na paisagem ou no ambiente natural”. Nesses, foi observado como objetivo projetar edificações em concordância com os condicionantes locais para minimizar os impactos ambientais e na paisagem, além de diminuir efeitos do acúmulo de neve no solo.

A importância do tema está expressa em todos os relatórios na versão de minuta. Esses apresentam pelo menos três opções de volumetrias para aprovação do design da edificação por parte do Comitê Consultivo. Como resposta, salienta-se que em todos os relatórios são sugeridas a elevação da edificação, volumetrias que exibem formas aerodinâmicas, além de estudos de impacto visual utilizando imagens aéreas, mapas, registros fotográficos e/ou simulações computacionais. Também é citado pelo relatório da Bélgica (Belgian Science Policy, 2006) que o design deve ser desenvolvido de forma a facilitar a manutenção, reparo e reaproveitamento de peças, promover a segurança e conforto dos usuários e reduzir consumo de energia.

É de senso comum que o indicador “Estanqueidade dos ambientes para controle de entrada/saída dos materiais biológicos e poluentes em relação ao exterior” reflete à proibição exposta na reunião consultiva *Antarctic Treaty Consultative Meeting XXXIX*, CEP XIX em Santiago, sobre o “Manual de espécies não nativas” (*Non-native Species Manual*), no qual deve-se evitar que a atividade humana possa resultar na introdução de microrganismos no ecossistema local, incluindo patógenos, espécies exóticas e/ou fungos (CEP, 2017).

O único relatório que não apresenta medidas para conter a entrada dessas espécies é o do Reino Unido (British Antarctic Survey, 2007), pois consideram que, além do risco ser baixíssimo para introdução de biota não nativa, é improvável a sobrevivência no continente. Os relatórios da China e Bielorrússia também concordam com a baixa probabilidade, contudo propõem medidas tais como: esterilização de materiais, equipamentos, veículos e vestuários; inspeção minuciosa dos objetos e ambientes; exame físico de membros da equipe; e incineração de objetos estranhos detectados (Polar Research Institute of China, 2014; National Academy of Sciences of Belarus, 2015).

Destaca-se que os posicionamentos diferenciados em relação ao tema da introdução de biota não nativa podem estar relacionados à localização da edificação no Continente, visto que quanto mais próximo da costa, menos rigorosas são as condições ambientais e, conseqüentemente, mais fácil a condição de adaptação do elemento exógeno ao habitat natural.

Para além da entrada de materiais biológicos ou espécies não nativas, há a preocupação expressa em todos os relatórios sobre os impactos do inadequado armazenamento e manuseio de combustíveis. Assim, ressalta-se que todos os relatórios expõem, ainda, estratégias para evitar vazamentos de óleo, bem como medidas mitigadoras no caso de ocorrência do derramamento desses poluentes.

No indicador “Medidas para restaurar ou manter a dinâmica original do ambiente natural”, também são abordados os possíveis impactos que o derramamento de combustíveis e as atividades da construção civil podem provocar nas espécies nativas. Desse modo, são expostas estratégias inerentes às operações logísticas considerando a definição e limitação de rotas de tráfego de veículos e aeronaves, e à proximidade das estações com às zonas de nidificação e áreas de colônias. Como fonte de informação, o relatório da China (Polar Research Institute of China, 2014) estipula a distância mínima de 1,5km entre a edificação e as zonas de interesse, como valor de afastamento ideal para evitar alterações na dinâmica natural das espécies.

É necessário reiterar que as espécies nativas terrestres são caracterizadas pela descontinuidade, baixa diversidade, taxas lentas de crescimento e baixa capacidade de adaptação às mudanças. Dessa forma, qualquer intervenção pode alterar profundamente sua dinâmica natural (Alvarez e Souza, 2004).

Por fim, observou-se inconformidade do título da categoria com os aspectos locais do continente. Em centros urbanos as “Relações entre o edifício e o entorno” são, normalmente, associadas às interações do edifício com a vizinhança e com as edificações adjacentes. Contudo, na Antártica os relatórios evidenciaram que o entorno das estações científicas é representado pela paisagem e pela dinâmica do ambiente natural. Dessa forma, a nomenclatura da categoria foi alterada para “Relações entre o edifício e o ambiente”.

4.3.2 Categoria “Água”

As fontes de água para as estações antárticas são neve, gelo, lagos ou mar. Nesse sentido, observou-se nos relatórios a preferência da captação da água nos lagos de degelo para reduzir ou evitar processos de descongelamento.

Nesse contexto, no conteúdo do indicador “Presença de água na forma líquida” os relatórios da Bélgica, Índia, China e Bielorrússia confirmam a importância da implantação da edificação próximas à lagos de degelo ou à costa, enquanto nos relatórios do Reino Unido e Coreia são apresentadas técnicas que visam utilizar a neve ou gelo (Belgian Science Policy, 2006; National Centre for Antarctic and Ocean Research, 2010; Polar Research Institute of China, 2014; National Academy of Sciences of Belarus, 2015; British Antarctic Survey, 2007; Korea Polar Research Institute, 2011).

Inicialmente, é importante salientar que na Antártica não há definição acerca do mais adequado método para obtenção de água. Ele deve ser definido com base em fatores de localização ou implantação da edificação, disponibilidade de equipamentos e possíveis impactos ambientais.

Para aproveitamento da água oriunda dos lagos de degelo e mar pelos ocupantes da edificação é frequentemente citada a necessidade de estudo da proximidade da fonte com a edificação; análise da

viabilidade de implantação de instalações específicas; análise da qualidade da água; instalação de sistemas de drenagem contemplando aquecimento de tubulações; construção de tanques de armazenamento e conservação da água na forma líquida; e planejamento e instalação de sistema de dessalinização da água do mar ou de lagos com água salina. Já para o derretimento da neve ou gelo recomenda-se a instalação de sistemas eficientes para descongelamento e conservação de calor, uso de aquecedor adicional antes da bomba de alimentação, além da restrição da quantidade de coleta de gelo para derretimento.

Assim, considerando que ambos os métodos foram aprovados pelo Comitê Consultivo; que a presença de água na forma líquida não se apresenta como um fator decisivo para promoção da sustentabilidade no continente; e que também são sugeridos métodos de armazenamento e distribuição, houve a necessidade de alteração da nomenclatura do indicador “Presença de água na forma líquida” para “Técnicas de obtenção, armazenamento e distribuição da água”.

No que se refere ao indicador que avalia a quantidade de água doce, não há menção nas etapas de construção ou manutenção da edificação (**Quadro 24**). Todos os relatórios expressam maior interesse nas medidas que visam a redução do consumo de água do que nos cálculos e estimativas de volume. Acredita-se que diante da disponibilidade de água no continente, maior relevância foi dada ao consumo racional e à diminuição dos possíveis impactos oriundos do despejo das águas residuárias no meio ambiente.

Quadro 24. Abordagem dos indicadores nos relatórios –“Água”

Indicadores	Relatórios					
	A	B	C	D	E	F
1. Presença de água na forma líquida.	•	•	•	•	•	•
2. Instalação de equipamentos economizadores de água e sistemas de prevenção de vazamentos.		•	•	•	•	•
3. Sistemas de reutilização de águas cinzas e negras.	•	•	•	•	•	•
4. Quantidade de água doce utilizada na etapa de construção da edificação.						
5. Quantidade de água doce utilizada na etapa de operação e manutenção dos principais elementos construtivos da edificação.			•	•	•	

Legenda: A - Bélgica (Belgian Science Policy, 2006); B - Reino Unido (British Antarctic Survey, 2007); C - Índia (National Centre for Antarctic and Ocean Research, 2010); D - Coreia (Korea Polar Research Institute, 2011); E - China (Polar Research Institute of China, 2014); e F - Bielorrússia (National Academy of Sciences of Belarus, 2015).

No entanto, observou-se que em três relatórios é citado o cálculo da demanda de água doce necessária específico da etapa de operação da edificação, no qual estimam-se valores de consumo de 60 a 90 litros de água por pessoa/dia, sendo necessária, ainda, uma reserva de água suficiente para 3 a 4 dias no verão e 10 a 14 dias no inverno. O valor de consumo de água doce na etapa de operação pode variar de acordo com as decisões projetuais, equipamentos instalados, área da edificação, número de ocupantes e sistemas de armazenamento e de distribuição (British Antarctic Survey, 2007; National Centre for Antarctic and Ocean Research, 2010; Korea Polar Research Institute, 2011). Entendendo a particularidade que envolve o cálculo de

demanda de água doce para abastecimento da edificação, inclusive podendo ter relação com aspectos culturais da nação de origem da edificação, na proposta dos indicadores não foram considerados esses valores como referência para a avaliação.

Diante da falta de representatividade dos indicadores no contexto antártico comprovado pelos relatórios, houve a exclusão dos indicadores “Quantidade de água doce utilizada na etapa de construção da edificação” e “Quantidade de água doce utilizada na etapa de operação e manutenção da edificação”.

Assim, como exposto, a maioria dos relatórios apresentam ações que visam a conscientização dos usuários da edificação e ações para redução do consumo de água doce por meio de equipamentos economizadores e sistemas de prevenção e monitoramento de vazamentos, como por exemplo, uso de torneiras de aeração e spray; chuveiros de baixo fluxo; sistema de drenagem a vácuo; sistema de descarga de pressão negativa; além de máquinas de lavar roupas e louças com eficiência comprovada. Segundo o relatório da Índia (National Centre for Antarctic and Ocean Research, 2010), a utilização de métodos de redução do consumo em combinação com sistemas de tratamento da água tem potencial de economia de 30% do volume total de água doce.

Nos relatórios, o conteúdo relacionado as águas cinzas e negras tem como objetivo comum a redução do consumo de água doce a partir do uso de sistemas de reutilização das águas servidas, bem como promover o correto tratamento e descarte. Esses, apresentam percentual máximo de 30% de reutilização de águas cinzas tratadas, tratamento do volume total de águas negras, e descarte das águas servidas tratadas no ambiente marinho (Belgian Science Policy, 2006; National Centre for Antarctic and Ocean Research, 2010; Polar Research Institute of China, 2014; National Academy of Sciences of Belarus, 2015; British Antarctic Survey, 2007; Korea Polar Research Institute, 2011).

As convenções adotadas para as águas cinzas são tratamentos de reator anaeróbico com unidade de filtragem; membranas biorreatoras; unidade de cloro livre; carvão ativado e/ou de tratamento UV. De acordo com todos os relatórios, a água tratada pode ser reutilizada em vasos sanitários, limpeza de roupas, descarregada nos buracos de gelo ou descartadas diretamente no mar, se possível, em áreas distantes da costa e de dispersão rápida, evitando despejo em grandes quantidades e levando em consideração a capacidade de assimilação do meio marinho, conforme exposto pelo artigo 5, Anexo III do Protocolo de Madri (SAT, 1991).

Já para o tratamento das águas negras, os relatórios apontam soluções como o uso de tanque de fermentação anaeróbico e de aditivos biodegradáveis. O lodo tem a possibilidade de ser tratado pelo forno de pirólise magnética – no qual o biogás produzido durante a reação anaeróbica pode servir como complemento da fonte de energia para as caldeiras –, ou ser descartado com uso do incinerador (Polar Research Institute of China, 2014). No caso das águas residuárias menos contaminadas os tratamentos indicados são: reator biológico de

membrana; carvão ativado granular (*Granular Activated Carbon - GAC*); ultrafiltração; ou osmose reversa. O relatório da Bielorrússia aponta potencialidades no uso de banheiros de compostagem para neutralizar quimicamente os resíduos fecais (National Academy of Sciences of Belarus, 2015).

Sobre a destinação, os relatórios reforçam o possível impacto ambiental no solo/gelo ou oceano causado por vazamento, alertando para a segurança do armazenamento e para que o descarte da água tratada seja feito por meio de tubos profundos revestidos à uma distância segura das áreas de preservação (Belgian Science Policy, 2006; National Centre for Antarctic and Ocean Research, 2010; Polar Research Institute of China, 2014; National Academy of Sciences of Belarus, 2015; British Antarctic Survey, 2007; Korea Polar Research Institute, 2011).

4.3.3 Categoria “Energia”

Sobre a categoria energia, nos relatórios foi observado o favorecimento ao uso de energias renováveis para evitar impactos relacionados ao derramamento de combustíveis no solo/gelo, bem como os malefícios causados pelas emissões causadas pela queima de combustíveis fósseis. Os cálculos apresentados buscam comprovar a viabilidade da instalação de sistemas renováveis.

Ao contrário do pretendido pelos indicadores, os relatórios não apresentam a quantidade de energia detalhada nas etapas do ciclo de vidas da edificação, ou dados de consumo energético anual/sazonal, conforme pode ser observado no **Quadro 25**. Acredita-se que tal ausência se deve: à diferença de tipologia/uso/área das edificações existentes, cujos dados não servem de parâmetro para as edificações planejadas; e à complexidade da execução dos cálculos de consumo energético nas etapas preliminares de planejamento da edificação.

Quadro 25. Abordagem dos indicadores nos relatórios –“Energia”

Indicadores	Relatórios					
	A	B	C	D	E	F
1. Sistemas de energia renovável como base energética para as edificações.	•	•	•	•	•	•
2. Eficiência energética da edificação.	•	•	•	•	•	
3. Consumo energético anual.						
4. Quantidade de energia utilizada na etapa de construção da edificação.						
5. Quantidade de energia utilizada na etapa de manutenção da edificação.						

Legenda: A - Bélgica (Belgian Science Policy, 2006); B - Reino Unido (British Antarctic Survey, 2007); C - Índia (National Centre for Antarctic and Ocean Research, 2010); D - Coreia (Korea Polar Research Institute, 2011); E - China (Polar Research Institute of China, 2014); e F - Bielorrússia (National Academy of Sciences of Belarus, 2015).

Assim, devido à ausência de dados válidos disponíveis na etapa de planejamento, ao desinteresse dos países proponentes em avalia-los e a inexistência de comentários por parte dos membros do Comitê Consultivo na revisão dos documentos, foi realizada a exclusão dos indicadores “Consumo energético anual”, “Quantidade de energia utilizada na etapa de construção da edificação” e “Quantidade de energia utilizada na etapa de manutenção da edificação”.

Como era previsível, os documentos demonstram preferência na instalação de sistemas de energia renovável como forma de evitar o derramamento de óleo e reduzir o consumo de combustíveis fósseis. Contudo, em todos os CEE as turbinas eólicas e painéis fotovoltaicos foram considerados sistemas suplementares ao uso de geradores, apontando para a possível inviabilidade do fornecimento da energia totalmente oriundo de fontes renováveis. Considerando que na Antártica a vida humana depende de energia, é compreensível que não se planeje uma edificação totalmente dependente de fontes renováveis. Destaca-se ainda que, no relatório mais recente da Bielorrússia, o Comitê Consultivo solicita o aprofundamento dos planos e oportunidades para o uso de sistemas de energia renováveis como fonte primária, visando aperfeiçoar as práticas realizadas no continente (National Academy of Sciences of Belarus, 2015).

Como a energia renovável ainda não se caracteriza como fonte primária das edificações planejadas pelos CEE, os países apresentam estratégias para redução do consumo de combustíveis, tais como: uso de sistema híbrido de fonte de energia solar-vento-diesel; teste de modelos diferentes de turbinas eólicas e/ou painéis fotovoltaicos; inserção de sistema de distribuição elétrica que permite dispositivos renováveis, por exemplo o "*plug and play*"; utilização de sistema *Combined Heat and Power* (CHP) para fornecimento de energia elétrica e aquecimento da edificação; instalação de módulos de energia para aquecimento de água semelhantes aos painéis solares que funcionam a partir da captação do calor residual dos motores geradores; e *SmartGrid*, no qual foi sugerida a alternância do uso da energia solar no verão, e uso de energia eólica no inverno. Em nenhum relatório há menção sobre a produção de energia a partir de resíduos sólidos, facilmente compreensível em função das naturais dificuldades que tal processo teria em ambiente antártico.

Uma vez que não foi comprovada a viabilidade do uso restrito de sistemas renováveis como base energética, e por terem sido apresentadas diversas ações para minimizar os impactos do uso de geradores, foi alterada a nomenclatura do indicador "Sistemas de energia renovável como base energética para as edificações" para "Estratégias para redução do uso de geradores de energia à base de combustíveis fósseis". Com essa alteração, o indicador passa a abordar tanto o uso de energias renováveis quanto as boas práticas já planejadas e executadas no continente.

Sobre o indicador de eficiência energética destacam-se as ações de treinamento dos usuários; planejamento de *design* eficiente com divisão da edificação em setores de operação; envoltória projetada com painéis e materiais com alta vedação e isolamento térmico; e especificação de janelas envidraçadas com várias camadas que potencialize o aproveitamento da iluminação natural e conservação de calor. Nesse contexto, notou-se que apenas o relatório da Bélgica (Belgian Science Policy, 2006) incentiva o desenvolvimento de modelos computacionais e simulações como demonstrativo do desempenho energético da edificação.

Ainda, o relatório da Índia (National Centre for Antarctic and Ocean Research, 2010) incentiva o desenvolvimento de cálculo de simulação de economia e estudo da viabilidade para instalação de sistemas e equipamentos economizadores. Em geral, são apresentadas soluções tais como: seleção de equipamentos de alta eficiência com classificação de baixo consumo de energia; instalação de detectores de presença ou com operação programada; uso de lâmpadas de longa duração, de baixa manutenção e padronizadas; utilização de tubos de gravidade para drenar a água e diminuir a necessidade de aquecimento; instalação de micro redes; além do plano de gerenciamento e monitoramento de energia dos sistemas e equipamentos.

4.3.4 Categoria “Materiais”

Na categoria “Materiais” destaca-se que todos os indicadores foram mencionados em pelo menos dois relatórios (**Quadro 26**).

Quadro 26. Abordagem dos indicadores nos relatórios – “Materiais”

Indicadores	Relatórios					
	A	B	C	D	E	F
1. Uso de materiais com longa vida útil e mínima necessidade de manutenção.	•		•	•	•	•
2. Utilização de sistema modular, pré-fabricado, flexível, adaptável e/ou de rápida execução.	•		•	•	•	•
3. Adoção de materiais e elementos construtivos renováveis ou recicláveis/reaproveitáveis.	•	•				•
4. Uso de embalagens de proteção para o transporte que permitam reutilização ou reciclagem.	•	•	•		•	•
5. Medidas de proteção da superfície de materiais de uso externo.			•			•
6. Resistência da edificação às pressões de vento e à vibração.			•	•	•	•
7. Impactos ambientais na etapa de produção.	•	•			•	

Legenda: A - Bélgica (Belgian Science Policy, 2006); B - Reino Unido (British Antarctic Survey, 2007); C - Índia (National Centre for Antarctic and Ocean Research, 2010); D - Coreia (Korea Polar Research Institute, 2011); E - China (Polar Research Institute of China, 2014); e F - Bielorrússia (National Academy of Sciences of Belarus, 2015).

No conteúdo referente ao primeiro indicador “Uso de materiais com longa vida útil e mínima necessidade de manutenção” todos os relatórios citam a necessidade de planejar edificações visando a extensão da vida útil e diminuição na necessidade de manutenção, mas divergem com relação à meta de durabilidade, sendo apontada pelo relatório do Reino Unido o período de 20 anos, da Coreia e China superior a 25 anos e da Bielorrússia entre 15 a 20 anos (British Antarctic Survey, 2007; Korea Polar Research Institute, 2011; Polar Research Institute of China, 2014; National Academy of Sciences of Belarus, 2015). Observa-se que a agressividade do meio na Antártica ocasiona a degradação dos materiais de forma diferenciada aos meios urbanos tradicionais tendo como consequência a redução do tempo de vida útil e, assim, necessidade de incremento nas atividades de manutenção e/ou constante substituição de peças e elementos construtivos.

Diante do exposto e conforme esperado, a importância da especificação de materiais e sistemas mais duráveis está explícita nos relatórios. Nesse sentido, ressalta-se que a etapa de especificação é usualmente realizada nas fases posteriores à aprovação dos relatórios de impacto ambiental. Assim, apesar de ter sua relevância

mencionada, nenhum CEE descreve os materiais construtivos ou mesmo enfatiza ações relacionadas aos materiais que poderiam promover a durabilidade da edificação.

Apenas no CEE da Índia (National Centre for Antarctic and Ocean Research, 2010) são apontadas estratégias adicionais à especificação dos materiais visando ampliar a durabilidade da edificação, tais como: *design* projetado com base na logística e demanda operacional; estabelecimento de metas prolongadas para a vida útil da edificação; atendimento e atenção às exigências de manutenção dos sistemas; otimização e padronização dos sistemas e equipamentos que compõem a edificação; e redução de matéria-prima. Com base nessas informações, uma vez que são apresentadas estratégias adicionais para ampliação da vida útil da edificação, a nomenclatura do indicador foi alterada para “Soluções projetuais para ampliação da vida útil e diminuição na necessidade de manutenção”.

A “Utilização de sistema modular, pré-fabricado, flexível, adaptável e/ou de rápida execução” aborda a especificação de sistemas construtivos modulares visando a agilidade de construção, diminuição da geração de resíduos, redução do número de trabalhadores na execução da edificação e facilidade de transporte, montagem ou desmontagem. Para tanto, são citados o uso de contêineres, *steel frame*, painéis e elementos estruturais pré-fabricados e montagem no local por meio de elementos encaixáveis, evitando o uso de materiais aglutinantes.

A “Adoção de materiais renováveis ou recicláveis/reaproveitáveis” é apresentada como boa prática em três relatórios. No caso da Bielorrússia, por exemplo, encontra-se o plano de desmantelamento e reciclagem dos materiais e sistemas que compõem as antigas instalações de apoio científico, que de acordo com o relatório de CEE para a base Mount Vechernyaya, apresentava sinais de deterioração (National Academy of Sciences of Belarus, 2015). Os materiais possíveis de serem reaproveitados há a previsão de reutilização, enquanto os demais o planejamento se caracteriza pela retirada e retorno ao país, em concordância com o Protocolo da Antártica e com as recomendações do CEP XVII (SAT,1991).

Entretanto, no CEE do Reino Unido (British Antarctic Survey, 2007) há a advertência do Comitê Consultivo que o uso de materiais renováveis ou recicláveis/reaproveitáveis na edificação pode comprometer a expectativa de vida da edificação. Nessa perspectiva, acredita-se que o indicador em sua formatação original tem maior contribuição para a sustentabilidade no continente apenas quando há edificações existentes que precisam ser substituídas, como foi o caso da Bielorrússia (National Academy of Sciences of Belarus, 2015).

Entendendo que a aplicabilidade do indicador na Antártica apresenta limitações e que a finalidade da adoção desses materiais recicláveis ou reaproveitáveis é estimular o uso de materiais de baixo impacto ambiental e reduzir o consumo de recursos naturais, a nomenclatura do indicador foi modificada para “Adoção de materiais

de baixo impacto”. Tal alteração permite a inclusão de práticas como a especificação de materiais de baixo impacto, além do uso de elementos construtivos compostos por materiais reciclados no país de origem.

O objetivo inicial do indicador “Uso de embalagens de proteção para o transporte que permitam reutilização ou reciclagem” é incentivar o aproveitamento das embalagens de proteção, visto serem elementos necessários, porém que geram uma grande quantidade de resíduos. Assim, se adequadamente planejadas, as embalagens podem ser aproveitadas na própria edificação ou nas atividades como meio de diminuir a quantidade de material a ser descartadas (Polar Research Institute of China, 2014).

Apesar da maioria dos relatórios apresentarem estratégias para a correta destinação das embalagens, o estímulo ao reaproveitamento é citado apenas nos relatórios da Bélgica (Belgian Science Policy, 2006) e do Reino Unido (British Antarctic Survey, 2007). Nos relatórios mais recentes, a maior preocupação é com o gerenciamento e armazenamento das embalagens até o retorno aos países de origem e, também, em relação à proteção dos materiais no canteiro de obras, nos quais entre as medidas recomendadas estão a redução do uso de embalagens no processo de preparação logística; a elaboração antecipada de planos de construção científicos e detalhados com planejamento de obras mais enxutas evitando transportar materiais desnecessários ao canteiro de obras; e o armazenamento e planejamento do transporte para o continente (Polar Research Institute of China, 2014; National Academy of Sciences of Belarus, 2015).

Assim, de acordo com as práticas realizadas, o indicador foi renomeado para “Gestão de materiais e embalagens de proteção” visando favorecer a ampliação de conteúdo e permitir que ações de cunho gerencial sejam consideradas.

Sobre o conteúdo do indicador “Resistência da edificação às pressões do vento e à vibração”, com a finalidade de obter dados estatísticos sobre o fluxo e a pressão do vento, três relatórios incentivam estudos relacionados à Dinâmica de Fluidos Computadorizada (CFD) e teste com túnel de vento no modelo tridimensional da edificação. De acordo com os relatórios, tais informações contribuem para a definição do partido arquitetônico, bem como para a especificação dos materiais e técnicas construtivas mais adequadas, assegurando a estabilidade da edificação e segurança dos usuários. Ainda, como referência, é citado pela Índia (National Centre for Antarctic and Ocean Research, 2010) que os painéis de vedação externa devem ser projetados para suportar uma carga de vento de 2.338 kN/m² e coeficiente de pressão superficial máximo de 1,4 nas arestas ou cantos entre fachadas e 2,0 na superfície da edificação. Observa-se, no entanto, sobre a incompatibilidade desses valores se aplicados em outras edificações com formas diferenciadas.

Além da especificação de revestimento externo resistente às pressões do vento, entre as estratégias apresentadas pelos países para evitar os impactos e as vibrações na edificação estão: execução da fundação

sob base rochosa (nem sempre possível, especialmente em áreas com plataforma de gelo); especificação de sistema de travamento nas emendas entre painéis; elevação da estrutura; determinação da carga de vento usando os dados de estações próximas; aproveitamento da topografia e propriedades do entorno como obstáculos naturais de proteção contra o vento; elevação da edificação; uso de *design* aerodinâmico; e setorização dos ambientes de longa permanência nas áreas centrais da planta baixa.

Apenas os relatórios da Índia e da Bielorrússia citam medidas preventivas para materiais e sistemas de uso externo da edificação. Destaca-se que no CEE da Bielorrússia (National Academy of Sciences of Belarus, 2015) é alertado que a corrosão e o descascamento da tinta nas superfícies podem resultar na liberação de substâncias perigosas no solo e/ou nos corpos hídricos. Nesse contexto, observou-se como medidas de prevenção para o caso específico avaliado, o uso de tintas para revestimento de estruturas metálicas; a utilização de chapas de aço na cobertura que proporcionam a ampliação da vida útil e maior resistência à radiação; a especificação de aço galvanizado; além da aplicação de revestimento adicional nos sistemas estruturais expostos.

Sobre o indicador “Impactos ambientais na etapa de produção”, ressalta-se que três relatórios apresentam preocupações inerentes à etapa de produção, contudo, exclusivamente relacionadas à geração de resíduos. Em todos os relatórios, são desconsiderados os impactos oriundos do consumo de recursos naturais e da emissão de poluentes e particulados na produção dos materiais e elementos construtivos nos países de origem. Uma vez que os relatórios evidenciam a baixa relevância dessa questão no contexto antártico, o indicador foi excluído da categoria.

Por fim, notou-se que todos os indicadores abordam não apenas materiais como também expõem estratégias para especificação de sistemas construtivos. Dessa forma, a nomenclatura da categoria “Materiais” foi alterada para “Materiais e sistemas construtivos”.

4.3.5 Categoria “Resíduos”

Na categoria “Resíduos” observa-se que a abordagem dada ao assunto nos relatórios é superficial por parte dos países proponentes, seja na etapa de construção como de operação da edificação. Tal aspecto pode estar relacionado à obrigatoriedade de retirada de todos os resíduos sólidos não orgânicos da região abrangida pelo Protocolo de Madri, sendo possível inferir que por já estar contemplado nesse documento, não tenha sido tratado como se esperava.

Os relatórios da China (Polar Research Institute of China, 2014) e Bielorrússia (National Academy of Sciences of Belarus, 2015) citam apenas a estimativa do volume de resíduo não-orgânico gerado na etapa de construção

e operação de forma associada, e o do Reino Unido (British Antarctic Survey, 2007) na etapa de descomissionamento. Não é citada estimativa do volume de resíduos tóxicos (**Quadro 27**).

Quadro 27. Abordagem dos indicadores nos relatórios –“Resíduos”

Indicadores	Relatórios					
	A	B	C	D	E	F
1. Implantação de instalações para o armazenamento e triagem de resíduos sólidos.	•	•	•	•	•	•
2. Gestão de resíduos tóxicos.	•	•			•	
3. Geração de resíduos sólidos nas etapas de construção.					•	•
4. Geração de resíduos sólidos na etapa de uso/operação.					•	•
5. Geração de resíduos sólidos na etapa de descomissionamento ou desmonte.	•					
6. Tratamento e destinação de águas residuárias.	•	•	•	•	•	•
7. Quantidade de resíduos tóxicos gerados na etapa de construção da edificação.						
8. Quantidade de resíduos tóxicos gerados na etapa de operação e manutenção da edificação.						

Legenda: A - Bélgica (Belgian Science Policy, 2006); B - Reino Unido (British Antarctic Survey, 2007); C - Índia (National Centre for Antarctic and Ocean Research, 2010); D - Coreia (Korea Polar Research Institute, 2011); E - China (Polar Research Institute of China, 2014); e F - Bielorrússia (National Academy of Sciences of Belarus, 2015).

A rígida legislação ambiental, representada pelo Anexo III do Protocolo de Madri, determina que a quantidade de resíduos produzidos no continente seja reduzida na medida do possível para minimizar os impactos ambientais, estabelecendo regras para o armazenamento e eliminação do mesmo. Como controle, há a determinação para o desenvolvimento do Planejamento de Gestão de Resíduos, que deve ser atualizado e publicado anualmente (SAT, 1991). Dessa forma, o Protocolo de Madri expressa um restrito controle para classificação, separação, armazenamento, embalagem e destinação dos resíduos, no entanto, não há exigências em seus artigos e anexos que expressam a relevância das informações acerca da quantidade ou volume gerado de resíduos sólidos ou tóxicos pelos países.

Conclui-se que o nível de detalhamento demandado pelos indicadores é superior ao exigido pela legislação vigente, o que pode desvirtuar o objetivo geral da ferramenta e dificultar a avaliação. De tal modo, entende-se como necessária a alteração dos indicadores “Quantidade de resíduos tóxicos gerados na etapa de construção da edificação” e “Quantidade de resíduos tóxicos gerados na etapa de operação e manutenção da edificação” para “Gestão de resíduos tóxicos”, nos quais torna-se possível abordar ações gerenciais mais efetivas para minimizar a produção e favorecer a segurança e a estanqueidade da edificação. Todos os relatórios buscam o atendimento à legislação, o qual deve-se limitar a entrada de resíduos perigosos, e se a entrada for inevitável, deve-se armazenar corretamente, em geral em contêineres ou barris, até a retirada do continente.

Em concordância com as diretrizes estabelecidas no Anexo III do Protocolo de Madri, todos os relatórios abordam o conteúdo sobre “Implantação de instalações para triagem, armazenamento e descarte de resíduos sólidos”. Entre as ações, observa-se a necessidade de desenvolvimento de relatórios de gestão de resíduos; classificação/rotulagem dos resíduos de acordo com os requisitos do Protocolo de Madri; correto

armazenamento; elaboração antecipada de planos de construção para evitar o transporte de materiais desnecessários ou proibidos ao canteiro de obras; supervisão da implementação de programas de gestão de resíduos; e armazenamento de substâncias perigosas em recipientes seguros.

Ainda, os relatórios do Reino Unido, China e Bielorrússia citam a instalação de forno de pirólise magnética e o uso de incineradores, além da utilização de compressores e hidro redutores para diminuição do volume de resíduos, como forma de facilitar operações logísticas que visam o retorno dos mesmos ao país de origem para o descarte final (British Antarctic Survey, 2007; Polar Research Institute of China, 2014; National Academy of Sciences of Belarus, 2015).

Sobre a geração de resíduos sólidos por etapas relacionadas ao ciclo de vida da edificação, somente os relatórios mais recentes, da China (Polar Research Institute of China, 2014) e Bielorrússia (National Academy of Sciences of Belarus, 2015), citam a necessidade de redução e correta destinação do volume nas etapas de construção, operação e descomissionamento da edificação. As estratégias apresentadas são direcionadas à etapa de operação no que se refere à elaboração de planos para separação e classificação, além da redução da geração de resíduos, monitoramento, treinamentos da equipe para a coleta, organização, embalagem e remoção. Assim, para simplificar e promover a aplicabilidade da ferramenta, o conteúdo dos indicadores sobre geração de resíduos sólidos foi abordado no primeiro indicador da categoria, e as estratégias inerentes à cada etapa construtiva foram organizadas e apresentadas nas marcas de referência.

4.3.6 Categoria “Cargas ambientais”

Com relação à categoria “Cargas ambientais”, ressalta-se que os indicadores “Potencial de destruição da camada de ozônio - ODP (kg CFC-11)”, “Potencial de oxidação fotoquímica - POCP (kg.C₂H₄)” e “Potencial de eutrofização - EP (kg PO₄)” não são citados em nenhum dos relatórios analisados (**Quadro 28**).

Quadro 28. Abordagem dos indicadores nos relatórios –“Cargas ambientais”

Indicadores	Relatórios					
	A	B	C	D	E	F
1. Potencial de destruição da camada de ozônio - ODP (kg CFC-11).						
2. Potencial de aquecimento global - GWP (kg CO ₂).	•	•	•	•	•	•
3. Potencial de acidificação - AP (kg SO ₂).		•				•
4. Potencial de oxidação fotoquímica - POCP (kg.C ₂ H ₄).						
5. Potencial de eutrofização - EP (kg PO ₄).						
6. Medidas para assegurar que os procedimentos de manutenção gerem o mínimo de COV.	•		•			•

Legenda: A - Bélgica (Belgian Science Policy, 2006); B - Reino Unido (British Antarctic Survey, 2007); C - Índia (National Centre for Antarctic and Ocean Research, 2010); D - Coreia (Korea Polar Research Institute, 2011); E - China (Polar Research Institute of China, 2014); e F - Bielorrússia (National Academy of Sciences of Belarus, 2015).

Tais indicadores fazem parte dos impactos ambientais associados ao ciclo de vida dos componentes da edificação – representados pelo potencial de aquecimento global (GWP), destruição da camada de ozônio

(ODP), potencial de acidificação (AP), potencial de oxidação fotoquímica (POCP) e potencial de eutrofização (EP) –, comumente avaliados pelas ferramentas de LCA.

Em outras localidades, apesar do incentivo à avaliação do ciclo de vida nos relatórios de impacto ambiental, foram observadas barreiras relacionadas à complexidade do cálculo e ao conhecimento demandado acerca dos materiais. Como meio de simplificar e viabilizar o processo avaliativo, os projetistas têm privilegiado a avaliação unificada dos impactos ambientais da edificação, atribuindo uma única pontuação para o conjunto citado (Meex et al., 2018). Em concordância com o exposto, os indicadores não citados, bem como o potencial de acidificação (AP) e o potencial de aquecimento global (GWP), passaram a compor um único indicador denominado “Impacto ambiental relacionado ao ciclo de vida da edificação”.

No que se refere ao conteúdo abordado, todos os países alertam para a quantidade de Dióxido de Carbono (CO₂) emitida pelos veículos, geradores e incineradores, incentivando a apresentação de estratégias que visem a redução do consumo estimado de combustíveis fósseis pelo tempo de utilização, como também a análise das concentrações de VOC, NO₂, SO₂, CO, e fuligens como PM10 e hidrocarbonetos.

Entre as estratégias que objetivam a redução das emissões estão a diminuição das movimentações e otimização da logística; restrição do uso do incinerador; redução do tempo de funcionamento dos maquinários; e uso de maquinários mais eficientes. Além disso, são citadas medidas já mencionadas nos indicadores de energia, como a redução do consumo energético, o aproveitamento do calor interno e da luz natural e a instalação de sistemas de energia renovável.

Com relação às “Medidas para assegurar que os procedimentos de manutenção gerem o mínimo de COV” apenas o relatório do Reino Unido (British Antarctic Survey, 2007) recomenda a manutenção e atendimento às normas restritas de conservação em motores e sistemas que utilizam combustíveis fósseis. Os demais relatórios se restringem à redução do consumo de combustível como única forma de diminuir a geração de COV.

4.3.7 Apresentação da lista final de indicadores

Como resultado das etapas metodológicas de inclusão, recorte e verificação, foram obtidos 19 indicadores, organizados em categoriais e em ordem numérica.

Assim como no SBTool genérico, os indicadores receberam identificação de acordo com as categorias, sendo A para “Relações entre o edifício e o ambiente”, B para “Água”, C para “Energia”, D para “Materiais”, E para “Resíduos” e F para “Cargas ambientais”. Nessa organização, as letras contribuem para apresentação da categoria na qual cada indicador se insere, e os números demonstram a quantidade. Os indicadores juntamente com seus objetivos de avaliação estão detalhados no **Quadro 29**.

Quadro 29. Apresentação das categorias e dos indicadores

A. RELAÇÕES ENTRE O EDIFÍCIO E O AMBIENTE

A.1. Medidas de atenuação do nível de pressão sonora dos equipamentos.

Definição/objetivo: promover o conforto acústico dos usuários da edificação e diminuir o impacto que o ruído pode provocar no comportamento das espécies nativas a partir da redução da pressão sonora e da vibração produzida por equipamentos e/ou oriunda dos sistemas construtivos.

A.2. Estanqueidade dos ambientes para controle de entrada/saída de materiais biológicos e poluentes em relação ao exterior.

Definição/objetivo: evitar que a ocupação humana no continente possa resultar no derramamento de materiais poluentes e/ou a introdução de microrganismos estranhos ao ambiente natural, incluindo patógenos, bem como na invasão e proliferação de espécies não nativas.

A.3. Interferência do *design* na paisagem e no ambiente natural.

Definição/objetivo: planejar edificações em concordância com os condicionantes locais de forma a minimizar os impactos negativos no ambiente natural, na paisagem e/ou nos usuários.

A.4. Medidas para restaurar ou manter a dinâmica original do ambiente natural.

Definição/objetivo: assegurar que as atividades da construção civil e a ocupação humana não interfiram na dinâmica original das espécies nativas.

B. ÁGUA

B.1. Técnicas de obtenção, armazenamento e distribuição da água.

Definição/objetivo: garantir o abastecimento e armazenamento de água doce na edificação, bem como o mínimo impacto ocasionado por sua extração do ambiente natural.

B.2. Instalação de equipamentos economizadores de água e sistemas de prevenção de vazamentos.

Definição/objetivo: assegurar a redução do consumo e do desperdício de água doce por meio de equipamentos economizadores e sistemas de prevenção de vazamentos.

B.3. Sistemas de reutilização de águas cinzas e negras.

Definição/objetivo: reduzir o consumo de água doce por meio da disponibilidade de sistemas de reutilização das águas cinzas e negras, além de evitar o descarte de águas residuárias em locais não apropriados, promovendo o correto tratamento e descarte.

C. ENERGIA

C.1. Estratégias para redução do uso de geradores de energia à base de combustíveis fósseis.

Definição/objetivo: favorecer o uso de sistemas de energia renovável integrada com estratégias para redução e gerenciamento do consumo energético como forma de minimizar o consumo de combustíveis fósseis.

C.2. Eficiência energética da edificação.

Definição/objetivo: adotar medidas de proteção em relação às intempéries e aos condicionantes ambientais extremos da região promovendo estratégias projetuais que levem à eficiência energética da edificação.

D. MATERIAIS E SISTEMAS CONSTRUTIVOS

D.1. Soluções projetuais para ampliação da vida útil e redução da necessidade de manutenção.

Definição/objetivo: promover a máxima durabilidade dos materiais e sistemas que compõem a edificação visando a extensão da vida útil e diminuição na necessidade de manutenção.

D.2. Utilização de sistema modular, pré-fabricado, flexível, adaptável e/ou de rápida execução.

Definição/objetivo: especificar sistemas construtivos visando a agilidade de montagem, reduzida geração de resíduos, pequena equipe de trabalhadores em campo e facilidade de transporte, construção/montagem e desmonte.

D.3. Adoção de materiais de baixo impacto ambiental.

Definição/objetivo: incentivar o uso de materiais de baixo impacto ambiental e a utilização de componentes de edificações existentes ou materiais disponíveis na Antártica como forma de reduzir o consumo de recursos naturais, a geração de resíduos e as emissões atmosféricas.

D.4. Gestão de materiais e embalagens de proteção.

Definição/objetivo: planejar a construção de forma a proteger os materiais no canteiro de obras, além de otimizar e/ou evitar o uso de embalagens ou, ainda, buscar o aproveitamento dessas na edificação ou em atividades desenvolvidas no local.

D.5. Resistência da edificação às pressões do vento e à vibração.

Definição/objetivo: projetar edificação para minimizar os impactos oriundos da pressão dos ventos e à vibração na edificação.

Continua

E. Resíduos**E.1. Implantação de instalações para o armazenamento, triagem e descarte de resíduos sólidos.**

Definição/objetivo: desenvolver planos e implantar instalações para o correto armazenamento, triagem e tratamento dos resíduos sólidos gerados, além de apoiar as operações logísticas de compactação e descarte dos mesmos para fora do continente.

E.2. Gestão de resíduos tóxicos.

Definição/objetivo: promover a redução ou correta destinação do volume de resíduos tóxicos gerados durante as etapas de construção, operação, manutenção e descomissionamento da edificação.

E.3. Tratamento e destinação de águas residuárias.

Definição/objetivo: promover o correto armazenamento e tratamento das águas residuárias, de forma a evitar impactos ambientais oriundos do despejo de águas cinzas e negras não tratadas no ambiente natural durante as etapas de construção, operação, manutenção e descomissionamento da edificação.

F. CARGAS AMBIENTAIS**F.1. Impacto das emissões atmosféricas relacionadas ao ciclo de vida da edificação.**

Definição/objetivo: identificar e minimizar a quantidade de poluentes atmosféricos e particulados liberados no ambiente durante todo o ciclo de vida da edificação.

F.2. Medidas para assegurar que os procedimentos de manutenção gerem o mínimo de COV.

Definição/objetivo: Projetar a edificação de forma a promover a diminuição da emissão de poluentes e particulados durante os procedimentos de manutenção.

Ressalta-se que, uma vez que os indicadores e seus objetivos foram desenvolvidos com base na pesquisa documental dos relatórios e das legislações antárticas, esses refletem às práticas desejáveis e de passível aplicação no continente.

4.4 Processos de ponderação da ferramenta

Considerando a necessidade de estabelecer valores diferenciados para os indicadores, a relação de importância foi estabelecida através de um procedimento de ponderação de acordo com as seguintes etapas: 1) Desenvolvimento do quadro de pontuação; 2) Análise dos resultados iniciais da pesquisa; 3) Resultado da relevância dos indicadores; 4) Resultados das variáveis do sistema interno da ferramenta; e 5) Determinação dos pesos dos indicadores e categorias.

4.4.1 Desenvolvimento do quadro de pontuação

Nesse item buscou-se, inicialmente, a análise da legislação ambiental e suas atualizações para identificação das variáveis e parâmetros exigidos para o continente que podem servir de base para o quadro de pontuação do SBTTool Antártica/ Ambiental. Nesse sentido, foram analisados o Protocolo de Madri, em especial o Anexo I no conteúdo sobre as avaliações de impacto ambiental abrangentes, e as reuniões anuais consultivas.

Como resultado do levantamento, para a Avaliação Ambiental Abrangente (CEE), a decisão do comitê consultivo do Tratado Antártico, na reunião de 2005, incluiu as seguintes exigências: identificação dos impactos; exposição dos parâmetros de referência das variáveis; estimativa ou probabilidade de ocorrência; e divulgação das medidas mitigatórias (ATCM, 2005).

A identificação dos impactos ambientais consiste no reconhecimento das possíveis alterações que a atividade pode causar no ambiente. Segundo o Protocolo de Madri, e em concordância com a ferramenta base SBTool, o impacto pode ser identificado conforme as variáveis de natureza, duração, extensão e intensidade (ATCM, 2016).

No entanto, apesar de exigir a exposição dos parâmetros de cada variável, na legislação ambiental antártica não há definição ou sugestão dos parâmetros mais adequados ao continente para cada atividade planejada, ficando à critério dos países proponentes o preenchimento desses dados nos quadros matrizes dos relatórios de impacto ambiental abrangente.

Nesse sentido, alerta-se que a ausência dessas informações pode provocar: avaliações ambientais subjetivas e/ou equivocadas; diferenças estruturais entre os CEEs publicados, o que dificulta o processo de compartilhamento dos dados e das boas práticas no continente; e atrasos no processo de análise e aprovação dos relatórios.

Para facilitar o entendimento acerca das variáveis exigidas e da organização do quadro de pontuação, no **Quadro 31** encontram-se as variáveis e suas definições. Como não há parâmetros preestabelecidos pela legislação ambiental, foram inseridos os parâmetros do SBTool como exemplo dos dados aplicados em centros urbanos.

Quadro 30. Definição dos requisitos de avaliação ambiental

Variável	Definição	Exemplo de parâmetros segundo SBTool
Duração	Intervalo de tempo durante o qual as mudanças no ambiente provavelmente ocorrerão.	1 a 3 anos; 3 a 10 anos; 10 a 30 anos; 30 a 75 anos; e >75 anos.
Extensão	Área ou volume onde as mudanças provavelmente serão detectáveis.	Edifício; sítio; vizinhança; regional; e global.
Intensidade	Estimativa da magnitude da mudança imposta ao meio ambiente.	Menor, moderado, maior e menor.
Probabilidade*	Chances de ocorrência do impacto em potencial calculada com base no histórico de eventos e dados estatísticos.	-

*Variável não utilizada pelo SBTool.

Fonte: Adaptado de Polar Research Institute of China (2014) e SBTool (2020)

Entendendo que os parâmetros exemplificados da ferramenta SBTool podem não ser representativos na Antártica, foi feito o levantamento dos parâmetros utilizados nos seis relatórios de impacto ambiental CEEs analisados na etapa de verificação dos indicadores. O objetivo era interpretar as métricas utilizadas no continente para cada variável permitindo a padronização e elaboração do quadro de pontuação da ferramenta SBTool Antártica/ Ambiental.

Segundo os parâmetros de referência praticados nos relatórios, comprovou-se que na Antártica há significativas diferenças em relação às métricas propostas no quadro de pontuação do SBTool Genérico, como por exemplo, em relação à duração do impacto, que é um dos aspectos adotados para a valoração dos indicadores. Para apreciação dos dados e definição dos parâmetros e métricas para o continente, optou-se pela apresentação de quadros comparativos conforme o padrão proposto pelo SBTool Genérico.

Enquanto em centros urbanos densificados a variável de duração do impacto considera parâmetros de referência maiores que 1 ano, na Antártica a duração mínima do impacto é estipulada em minutos, conforme pode ser observado no **Quadro 31**. Como esperado numa área de preservação e de sensibilidade ambiental, a referência inicial de duração delimitada pela maioria dos relatórios foi inferior à alguns dias. A diferença entre os parâmetros de duração do impacto definida pelo SBTool e pelos CEEs deve-se à preocupação dos países em evitar atividades que podem causar efeitos danosos prolongados, bem como mitigar com celeridade os possíveis impactos ambientais.

Quadro 31. Parâmetros de duração do impacto segundo os relatórios CEE

SBTool genérico (2015)	Bielorrússia (2015)	China (2014)	Coreia (2011)	Índia (2011)	Reino Unido (2007)	Bélgica (2006)
1 a 3 anos	Dias	Minutos/ dias	Dias	Minutos/ horas	Minutos/ dias	Dias
3 a 10 anos	Semanas/ meses	Semanas/ meses	Semanas/ meses	Horas/ semanas	Semanas/ meses	Semanas
10 a 30 anos	Anos	Anos	Anos	Semanas/ meses	Anos	Anos
30 a 75 anos	Décadas	Décadas	Décadas	Meses/ anos	Décadas	
>75 anos	Séculos	Permanente	Séculos	Décadas/ séculos	Milênios	

Fonte: Elaborado a partir de Larsson (2015), National Academy of Sciences of Belarus (2015), Polar Research Institute of China (2014), Korea Polar Research Institute (2011), National Centre for Antarctic and Ocean Research (2010), British Antarctic Survey (2007) e Belgian Science Policy (2006).

Tal delimitação voluntária das nações em relação à duração dos impactos representa a preocupação com o ambiente antártico e com as pesquisas científicas realizadas no local, observando-se que devem ser considerados todos os impactos, mesmo os transitórios.

Os parâmetros de referência da extensão e intensidade apresentam métricas similares ao realizado em áreas urbanas. Assim como no SBTool, a extensão trata desde a área do canteiro de obras até a influência global do impacto. Nesse sentido, destaca-se que como na Antártica não há demarcação de terreno ou território, os relatórios apontaram como Área Específica à área edificada/construída, enquanto o Local trata-se do entorno imediato (Polar Research Institute of China, 2014; Korea Polar Research Institute, 2011; National Centre for Antarctic and Ocean Research, 2010; British Antarctic Survey, 2007).

Já com relação à intensidade, uma pequena divergência foi observada na amplitude dos parâmetros de referência. Enquanto no SBTool os parâmetros variam de menor a maior, os CEEs publicados contemplam dados de maior grandeza, abordando, em sua maioria, parâmetros de muito baixo a muito alto (**Quadro 32**).

Quadro 32. Parâmetros de extensão e intensidade do impacto segundo os relatórios CEE

SBTool Genérico (2015)	Bielorrússia (2015)	China (2014)	Coreia (2011)	Índia (2011)	Reino Unido (2007)	Bélgica (2006)
Extensão						
Edifício	Local	Área Específica	Área Específica	Área Específica	Área Específica	Local
Sítio	Subregional	Local	Local	Local	Local	Regional
Vizinhança	Regional	Regional	Regional	Regional	Regional	Continental
Regional	Continental	Continental	Continental	Continental	Continental	
Global	Global	Global	Global	Global	Global	
Intensidade						
Menor	Muito baixo	Baixa	Muito Baixo	Muito Baixo	Muito Baixo	Baixa
Moderado	Baixo	Média	Baixo	Baixo	Baixo	Media
Maior	Moderado	Alta	Moderado	Moderado	Moderado	Alta
Menor	Alto	Muito alta	Alto	Alto	Alto	
	Muito alto		Muito alto	Muito alto	Muito alto	

Fonte: Elaborado a partir de Larsson (2015), National Academy of Sciences of Belarus (2015), Polar Research Institute of China (2014), Korea Polar Research Institute (2011), National Centre for Antarctic and Ocean Research (2010), British Antarctic Survey (2007) e Belgian Science Policy (2006).

A variável de probabilidade não é abordada pela ferramenta de avaliação SBTool, mas é utilizada mundialmente nos processos de avaliação ambiental. Sobre essa, destaca-se que a avaliação de impactos futuros, ou probabilidade de ocorrência, envolve incertezas. Para alcance de resultados e métricas, sugere-se a apreciação da magnitude e sensibilidade do ambiente como método de fundamentação dos dados (European Union, 2017).

Na Antártica, o preenchimento da probabilidade pode servir de alerta para a elaboração de medidas que visem a prevenção ou mitigação do impacto. A maioria das métricas apresentadas no **Quadro 33** apresenta compatibilidade com as avaliações ambientais mundialmente reconhecidas, variando de improvável a muito alta probabilidade de ocorrência de impactos ambientais.

Quadro 33. Parâmetros de probabilidade do impacto segundo os relatórios CEE

Bielorrússia (2015)	China (2014)	Coreia (2011)	Índia (2011)	Reino Unido (2007)	Bélgica (2006)
Improvável	Baixa	Improvável	Improvável	Improvável	Baixa
Baixo	Média	Baixo	Baixo	Baixo	Media
Médio	Alta	Médio	Médio	Médio	Alta
Alto	Provável	Alto	Alto	Alto	
Muito Alto		Provável	Provável	Provável	

Fonte: Elaborado a partir de Larsson (2015), National Academy of Sciences of Belarus (2015), Polar Research Institute of China (2014), Korea Polar Research Institute (2011), National Centre for Antarctic and Ocean Research (2010), British Antarctic Survey (2007) e Belgian Science Policy (2006).

Sobre a variável o Sistema primário diretamente afetado, para estabelecimento das métricas foram levantados nos relatórios CEEs os impactos ambientais mais avaliados no continente. Segundo Montarroyos e outros

(2018) – ver Anexo II da tese –, para as nações proponentes, os impactos mais importantes na Antártica no que se refere ao ambiente são “Emissões atmosféricas” com 0,360, seguido por “Geração de resíduos” com 0,149 e “Contaminação de solo ou gelo” com 0,148. Por outro lado, os impactos de menor peso são “Perturbação da vida selvagem” com 0,004 e “Águas residuárias” com 0,006.

A análise dos relatórios enfatizou a complexidade de organizar os impactos de acordo com a Es, uma vez que alguns impactos podem afetar um ou mais sistemas primários. Por exemplo, o impacto “Geração de resíduos” pode afetar tanto “solo ou gelo”, “fauna e flora” ou “recursos hídricos”. Assim, é importante esclarecer totalmente a origem e as etapas da atividade geradora de impacto durante o processo CEE (Montarroyos et al., 2018).

Com base na análise do conteúdo dos relatórios e nos parâmetros de impacto praticados, foram identificados os sistemas primários diretamente afetados específicos para o contexto antártico. Esses foram organizados em ordem crescente e, assim como as outras variáveis, foram associados à valores de referência de 1 a 5 na seguinte ordem: recursos hídricos (1); fauna e flora (2); valores ambientais (3); solo e gelo (4); e atmosfera (5).

Os impactos ambientais, as variáveis de avaliação e os parâmetros de maior frequência atribuídos pelas nações foram organizados conforme o **Quadro 34** de pontuação.

Os parâmetros de referência foram estabelecidos a partir de uma escala de valores de 1 a 5 (1 para efeito de menor significância a 5 para efeito de maior significância), observando que a utilização de escala numérica favorece a quantificação de dados qualitativos.

Quadro 34. Parâmetros e pontuação específica para a Antártica

Extensão do impacto em potencial (Ep) 1 a 5 pontos	Duração do impacto em potencial (Ed) 1 a 5 pontos	Intensidade do impacto em potencial (Ei) 1 a 5 pontos	Probabilidade do impacto em potencial (Pe) 1 a 5 pontos	Sistema primário diretamente afetado (Es)
1.Área Específica	1.Minutos/ dias	1.Muito Baixo	1.Improvável	1.Recursos hídricos
2.Local	2.Semanas/meses	2.Baixo	2.Baixo	2.Fauna e Flora
3.Regional	3.Anos	3.Moderado	3.Médio	3.Valores ambientais
4.Continental	4.Décadas	4.Alto	4.Alto	4.Solo e gelo
5.Global	5.Séculos	5.Muito Alto	5.Provável	5.Atmosfera

Observa-se que na reunião consultiva de 2017, o Comitê concordou em atualizar os procedimentos para a elaboração do CEE. Além disso, houve a sugestão de países participantes na formulação de uma metodologia padrão como base para avaliações ambientais abrangentes. O objetivo da padronização é garantir que os CEEs sejam disponibilizados com o mais completo nível de informações e práticas de excelência (ATCM, 2016).

Assim, visto que ainda não há um procedimento padrão estipulado pelo Comitê Consultivo da Antártica para a avaliação de impacto ocasionado pelas edificações, as variáveis e os parâmetros de referência propostos podem servir de embasamento para a preparação de Avaliações Ambientais, seja CEE ou IEE. Além disso, o quadro apresentado pode contribuir como método de avaliação e verificação dos impactos da construção no ambiente antártico.

O desenvolvimento do quadro de pontuação conforme as especificidades da Antártica serviu de base para a pesquisa que determinou os pesos dos indicadores.

4.4.2 Análise dos resultados iniciais da pesquisa

A formulação de uma ferramenta de avaliação passa, necessariamente, pela avaliação e verificação das propostas por especialistas e profissionais que estudam, principalmente, os efeitos e impactos da construção civil no meio ao qual se insere. Além de serem responsáveis por identificar o nível de significância de cada item da ferramenta (Fekry et al., 2014) – contribuindo para o processo de pontuação –, auxiliam na formação dos instrumentos para avaliação de uma edificação, averiguação dos indicadores, podendo ainda agregar conhecimentos específicos e desejáveis para a obtenção de melhores resultados.

Conforme definido anteriormente na metodologia apresentada, a pesquisa com os profissionais inicia-se com questionamentos acerca das informações em relação à formação e experiência, bem como do nível de conhecimento técnico sobre as ferramentas de avaliação e sobre as especificidades da Antártica.

O universo total considerado foi de 18 pessoas, selecionados a partir da autoria em publicações multidisciplinares na área da construção civil na Antártica e do vínculo com o ARQUIANTAR. Do universo total, 72% responderam ao questionário da plataforma *SurveyMonkey* que foi encaminhado via e-mail juntamente com o Manual de preenchimento da pesquisa (ver Anexo IV).

Do total de 13 respondentes, 7 já estiveram na Antártica, 11 são arquitetos urbanistas e 3 engenheiros, sendo 1 com carreira militar. Ainda, como pode ser observado nos gráficos da **Figura 12**, todos os respondentes têm formação de ensino superior – sendo a maioria composta por doutores e doutorandos –, que foram autores de pelo menos 1 publicação tendo a Antártica como estudo de caso.

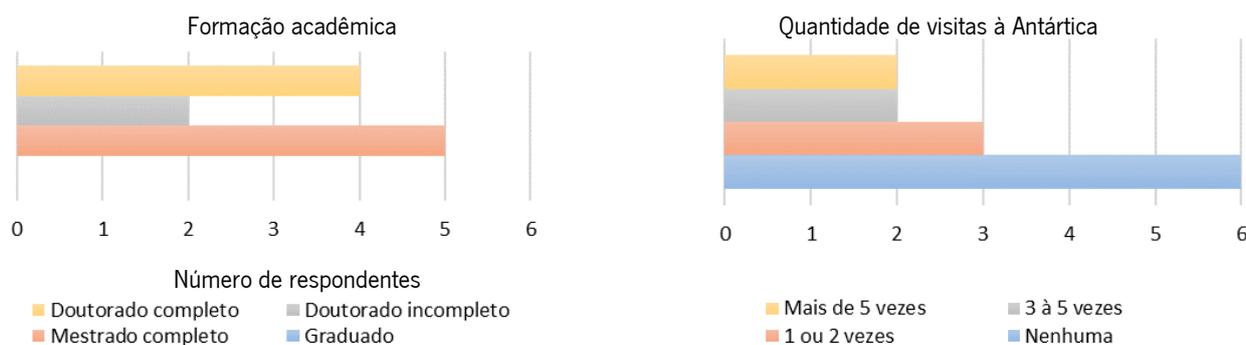


Figura 12. Resultados com relação à formação acadêmica e quantidade de visitas à Antártica

Ressalta-se que ao todo foram 13 pesquisadores que responderam à pesquisa de forma completa, e apenas 2 pesquisadores, acessaram o link, preencheram os dados iniciais e não avançaram na avaliação dos indicadores. Os 13 respondentes afirmaram conhecimento, ainda que superficial, acerca das ferramentas de avaliação (**Figura 13**), enquanto os 2 pesquisadores afirmaram desconhecimento, o que pode ter provocado a desistência no processo avaliativo.

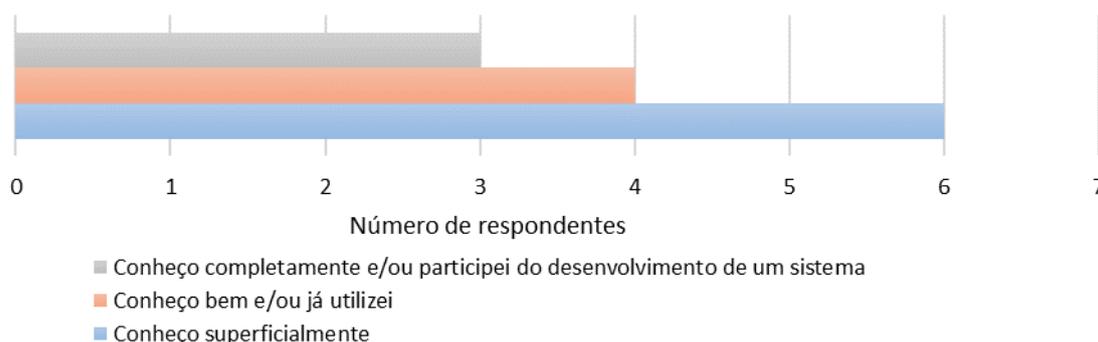


Figura 13. Resultados da pesquisa sobre o nível de conhecimento quanto aos métodos e sistemas de avaliação da sustentabilidade em edificações

Entendendo a complexidade que envolve o processo de formulação do sistema interno da ferramenta de avaliação, conforme exposto anteriormente, junto ao e-mail da pesquisa, foi enviado o “Manual de preenchimento da pesquisa” (Anexo IV) com o objetivo de sanar as dúvidas inerentes ao processo de avaliação. O Manual, ainda que explicativo, não se caracteriza como fonte de informação suficiente para orientar aqueles que desconhecem o processo avaliativo de uma ferramenta. Assim, mesmo a pesquisa apresentando essas duas desistências, acredita-se que dados iniciais se mostraram satisfatórios, uma vez que os 13 pesquisadores que responderam por completo – e que contribuíram para a definição dos pesos –, tem um alto nível de instrução e conhecimento sobre a Antártica e não expressaram dificuldades de compreensão e/ou avaliação. Após os dados iniciais, foram questionados os níveis de relevância de cada indicador e o preenchimento das variáveis que compõe o quadro de pontuação.

4.4.3 Resultados da relevância dos indicadores

Para verificação dos indicadores e obtenção da variável Efeito local, na pesquisa foi questionado aos pesquisadores sobre o nível de relevância de cada indicador. No link da pesquisa, na aba de cada indicador, haviam as respostas predefinidas para escolha dos pesquisadores: irrelevante; pouco relevante; relevante; e muito relevante. O pesquisador poderia selecionar apenas uma opção.

Os resultados da análise de relevância dos indicadores por parte dos pesquisadores apontaram para alta relevância do indicador C.1. “Estratégias para redução do uso de geradores de energia à base de combustíveis fósseis”, da categoria “Energia”. Como esperado, e assim como apresentado pelos relatórios de impacto ambiental, a redução do uso de geradores à base de combustíveis fósseis se apresenta como questão prioritária na Antártica.

Além desse indicador, também foram classificados como muito relevantes os indicadores: A.2. sobre estanqueidade dos ambientes com relação à contaminação externa por materiais biológicos e poluentes; E.1. e E.3 sobre geração de resíduos tóxicos e tratamento de águas residuárias; e F.1. sobre impacto das emissões atmosféricas (**Figura 14**), corroborando as preocupações dos pesquisadores com relação as possíveis alterações dos valores ambientais e científicos do continente provocadas pela liberação de poluentes e resíduos no ambiente natural.

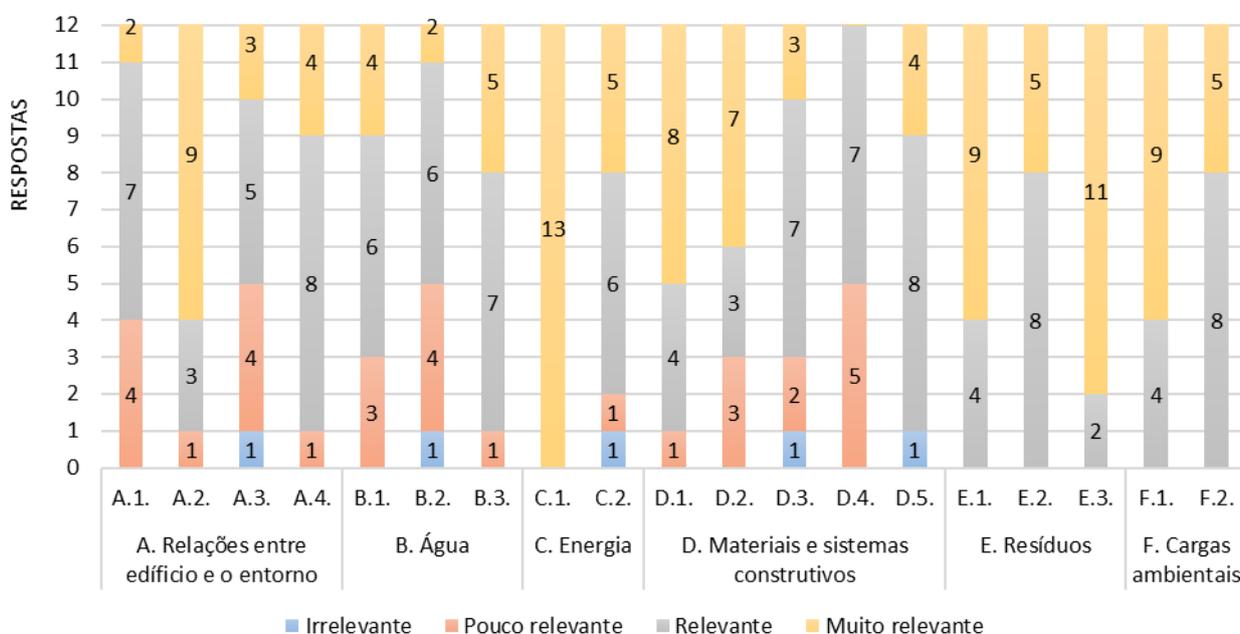


Figura 14. Resultados do nível de relevância atribuído pelos pesquisadores

Nos resultados negativos, ressalta-se ainda que os indicadores A.3. sobre a interferência do *design* na paisagem, B.2. sobre a economia de água, C.2. sobre instalação de equipamentos de alta eficiência, além dos indicadores da categoria materiais e sistemas construtivos D.3. e D.5 que abordam a reutilização de materiais

e a resistência desses à pressão do vento, respectivamente, tiveram apenas 1 classificação como irrelevante. Em geral, pelo menos 8 dos 13 respondentes afirmaram que todos indicadores são “Relevantes” ou “Muito relevantes”, o que justifica a permanência desses na lista final.

Ainda, conforme exposto na etapa 2 da metodologia, os índices de relevância obtidos na pesquisa contribuíram para a obtenção dos valores da variável Efeito local do sistema interno da ferramenta e para a definição dos pesos dos indicadores.

4.4.4 Resultados das variáveis do sistema interno da ferramenta

A análise das respostas dos pesquisadores com relação às variáveis do sistema interno da ferramenta permitiu a formatação do quadro de pontuação. Para tanto, no link da pesquisa, na aba de cada indicador, haviam as respostas predefinidas para escolha dos pesquisadores conforme os parâmetros desenvolvidos no item 4.4.1. Assim como na etapa anterior, o pesquisador poderia selecionar apenas uma opção para cada variável de cada indicador, ou seja, para cada indicador deveriam ser respondidas as cinco lacunas de Extensão, Duração, Intensidade, Probabilidade e Sistema primário. Em caso de dúvidas, comentários ou sugestões, o avaliador poderia escrever na lacuna “informações complementares” (**Figura 15**).

Painel avaliativo da pesquisa

Extensão do impacto em potencial (Ep)	Duração do impacto em potencial (Ed)	Intensidade do impacto em potencial (EI)	Probabilidade do impacto em potencial (PI)	Sistema primário diretamente afetado (Es)	Nível de relevância
Classifique os requisitos: <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Informações complementares <input style="width: 100%; height: 40px;" type="text"/>					

Apresentação das opções disponíveis para seleção

Extensão do Impacto em potencial (Ep)	Duração do Impacto em potencial (Ed)
Classifique os requisitos: <input type="text"/>	<input type="text"/>
<ul style="list-style-type: none">1.Área Especifica2.Local3.Regional4.Continental5.Global	

Figura 15. Apresentação da pesquisa – etapa de avaliação dos indicadores

Após a finalização da pesquisa, os resultados foram organizados no quadro de pontuação para análise dos comentários e obtenção dos pesos dos indicadores.

Os pesquisadores demoraram em média 26 minutos para responder essa etapa do questionário. Com base nas respostas, foram identificados os parâmetros de maior incidência, ou moda, por indicador em cada variável. Posteriormente, esses parâmetros de maior frequência foram organizados em categorias e dispostos no quadro comparativo.

Na categoria “Relações entre o edifício e o ambiente”, sobre o indicador A.1. “Medidas de atenuação do nível de pressão sonora dos equipamentos” destacaram-se impactos nas espécies no entorno imediato à edificação por curto período de duração (**Quadro 35**). Nesse sentido, o respondente R08 comentou que “O ruído se comporta como uma interferência momentânea, somente quando está acontecendo, contudo, o impacto do mesmo pode incomodar os animais locais e afasta-los”. Alerta-se que as espécies terrestres têm alta sensibilidade à mudanças, dessa forma, ainda que momentâneo, o impacto do ruído, pode interferir de maneira definitiva no comportamento das espécies.

Quadro 35. Parâmetros de maior incidência na categoria “Relações entre o edifício e o ambiente”

Variáveis	Indicador			
	A.1.	A.2.	A.3.	A.4.
Extensão (Ep)	Local	Regional	Local	Local
Duração (Ed)	Minutos/dias	Décadas	Décadas	Décadas
Intensidade (Ei)	Baixo	Alto	Baixo	Moderado
Probabilidade (Pe)	Médio	Alto	Baixo	Médio
Sistema Primário (Es)	Fauna e Flora	Fauna e Flora	Valores ambientais	Fauna e Flora

O pesquisador R08 também comentou sobre o indicador A.2. “Estanqueidade dos ambientes para controle de entrada/saída dos materiais biológicos e poluentes em relação ao exterior” no qual afirmou: “Pode-se pensar em duas escalas, em um impacto pequeno ou na possibilidade de impacto maior, como um derramamento de óleo por um longo prazo antes de ser percebido, por exemplo, logo o controle dessas questões é imprescindível. Então, voto pelo impacto baixo, pois me parece óbvio a preocupação com esse item”. A obviedade exposta no comentário tem como embasamento teórico o conteúdo do Protocolo de Madri em seu Anexo III que abordam, entre outras questões, os impactos nocivos do possível derramamento de combustíveis fósseis no ambiente.

Ressalta-se que o objetivo do indicador é evitar que a ocupação humana no continente possa resultar no derramamento de materiais poluentes, incluindo combustíveis, e/ou a introdução de microrganismos estranhos ao ambiente natural. Assim, considerando o derramamento de combustíveis e entendendo a gravidade do impacto que pode ocorrer com o não cumprimento desse indicador, a maioria dos pesquisadores classificou como possível impacto de alcance regional, de alta intensidade e probabilidade e que pode durar décadas.

Além disso, a maioria apontou que o dano maior seria causado na fauna e flora, contudo, o pesquisador R11 lembra que o sistema primário depende do tipo de poluente, não devendo ser abordado nesse indicador a emissão de poluentes atmosféricos.

Já o indicador A.3. “Interferência do *design* na paisagem e no ambiente natural”, apesar de ter sido considerado de baixa intensidade e probabilidade para o contexto ambiental, teve a importância destacada na questão social pelo pesquisador R08: “O impacto estético marca quem somos, o que deixaremos e como vivemos. Acredito que o *design* não age diretamente em linha reta no bem-estar do planeta, mas interfere nas atitudes humanas”. Nesse sentido, sugere-se que as questões estéticas também sejam tratadas nos indicadores da dimensão social como forma de estabelecer relações de identidade e melhorias no conforto dos usuários.

Sobre os três indicadores da categoria “Água” (**Quadro 36**), os pesquisadores apontaram como sistema primário os recursos hídricos e classificaram a extensão do impacto em potencial como Local ou entorno imediato da edificação.

Quadro 36. Parâmetros de maior incidência na categoria “Água”

Variáveis	Indicador		
	B.1.	B.2.	B.3.
Extensão (Ep)	Local	Local	Local
Duração (Ed)	Anos	Décadas	Décadas
Intensidade (Ei)	Baixo	Alto	Alto
Probabilidade (Pe)	Baixo	Baixo	Médio
Sistema Primário (Es)	Recursos hídricos	Recursos hídricos	Recursos hídricos

Na avaliação dos indicadores que compõe a categoria, três pesquisadores comentaram sobre a abundância de água e afirmaram que durante a avaliação dos indicadores, consideraram outros aspectos como o consumo de energia dos equipamentos de tratamento e distribuição, bem como a redução da geração de águas cinzas. Devido à interdisciplinaridade dos indicadores, o pesquisador R13 assinalou dificuldades em classificar o Sistema Primário, fato que também ocorreu nas categorias “Energia” e “Materiais”.

Sabe-se que alguns indicadores podem afetar 1 ou mais itens que constituem o “Sistema primário diretamente afetado”, mas conforme a estrutura de avaliação da ferramenta base, o SBTTool, é necessário que o avaliador aponte apenas o sistema que será mais impactado, caso não forem tomadas as medidas consideradas pelo indicador. Lembrando ainda que, no processo de adaptação da ferramenta, na variável Efeito Local são considerados os sistemas impactados (diretamente e indiretamente), assim como são consideradas as diversas áreas de impacto, permitindo a pontuação de uma até as 5 áreas.

Na categoria “Energia”, destaca-se em todos os indicadores a alta probabilidade de ocorrência e a longa duração dos impactos em potencial (**Quadro 37**). Nessa, deve-se ter especial atenção ao indicador C.1. “Estratégias para redução do uso de geradores de energia à base de combustíveis fósseis” sobre a prioridade do uso de fontes de energia renovável uma vez que foi delimitado que a extensão do impacto em potencial é continental, enquanto os demais – relacionados com a eficiência da edificação – tem efeito local.

Quadro 37. Parâmetros de maior incidência na categoria “Energia”

Variável	Indicador	
	C.1.	C.2.
Extensão (Ep)	Continental	Local
Duração (Ed)	Séculos	Décadas
Intensidade (Ei)	Alto	Alto
Probabilidade (Pe)	Alto	Alto
Sistema Primário (Es)	Atmosfera	Valores ambientais

Na categoria “Materiais”, cabe enfatizar que a maioria dos pesquisadores assinalaram a extensão “Local” ou “Área específica” e o sistema primário “Valores ambientais”, conforme **Quadro 38**. Ainda que a maioria tenha assinalado os valores ambientais, novamente os pesquisadores expuseram dificuldades na seleção de apenas um parâmetro da variável Sistema de sistema primário. Tal fato foi comentado no indicador D.2. “Utilização de sistema modular, pré-fabricado, flexível, adaptável e/ou de rápida execução”, no qual o pesquisador R06 afirmou que gostaria de uma opção “todos”, e no D.5. “Resistência da edificação às pressões do vento e à vibração” o pesquisador R07 comentou: “Considera-se como Sistema primário principalmente afetado Fauna e Flora, especificamente a fauna, pela questão dos ruídos, porém é possível relacionar também com a dispersão de resíduos a partir da vibração”. Já os pesquisadores R08 e R12 gostariam de acrescentar os usuários da edificação no sistema primário. Como citado anteriormente, os comentários foram considerados na pontuação das áreas de impacto desenvolvidas no processo de pontuação do Efeito local (EI).

Quadro 38. Parâmetros de maior incidência na categoria “Materiais e sistemas construtivos”

Variáveis	Indicador				
	D.1.	D.2.	D.3.	D.4.	D.5.
Extensão (Ep)	Local	Local	Local	Local	Área Especifica
Duração (Ed)	Décadas	Décadas	Décadas	Semanas/meses	Décadas
Intensidade (Ei)	Alto	Alto	Alto	Baixo	Alto
Probabilidade (Pe)	Alto	Alto	Alto	Baixo	Alto
Sistema Primário (Es)	Valores ambientais				

No indicador D.3. “Adoção de materiais de baixo impacto ambiental”, o pesquisador R10 comentou sobre a pouca disponibilidade de materiais na Antártica e que as atuais construções utilizam “materiais

majoritariamente exótico à região”. Diferente dos centros urbanos, o reaproveitamento de materiais existentes não se caracteriza como uma ação prioritária ao alcance da sustentabilidade.

Nos indicadores da categoria “Resíduos”, tanto a variável intensidade quanto, duração e probabilidade tiveram classificações que simbolizam alerta à integridade do ambiente natural (**Quadro 39**). A maioria dos pesquisadores afirmou que caso não forem tomadas as medidas consideradas pelo indicador, o impacto ambiental tem provável ocorrência, intensidade alta ou muito alta e pode durar décadas, enfatizando a importância no atendimento a todos os indicadores da categoria.

Quadro 39. Parâmetros de maior incidência na categoria “Resíduos”

Variáveis	Indicador		
	E.1.	E.2.	E.3.
Extensão (Ep)	Continental	Local	Regional
Duração (Ed)	Décadas	Décadas	Décadas
Intensidade (Ei)	Alto	Muito alto	Muito alto
Probabilidade (Pe)	Provável	Provável	Provável
Sistema Primário (Es)	Valores ambientais	Valores ambientais	Recursos hídricos

Ainda na categoria “Resíduos”, no indicador E.3. “Tratamento e destinação das águas residuárias”, o pesquisador R06 apontou a importância da clara exposição das etapas relacionadas ao ciclo de vida da edificação no conteúdo do indicador. Nesse caso, as etapas foram delimitadas nos dados internos e nas marcas de referência do mesmo.

Como previsto, assim como na pesquisa realizada em 2015 por Montarroyos, a categoria “Cargas ambientais” foi a que apresentou os mais elevados níveis de impactos em potencial (**Quadro 40**). A maioria dos pesquisadores afirmou que o impacto das emissões de poluentes e/ou particulados é alto ou muito alto, tem provável ocorrência, podendo ter extensão regional ou global, além de durar décadas em suspensão na atmosfera.

Quadro 40. Parâmetros de maior incidência na categoria “Cargas ambientais”

Variáveis	Indicadores	
	F.1.	F.2.
Extensão (Ep)	Global	Regional
Duração (Ed)	Décadas	Décadas
Intensidade (Ei)	Muito alto	Alto
Probabilidade (Pe)	Provável	Provável
Sistema Primário (Es)	Atmosfera	Atmosfera

Por fim, com base no conhecimento técnico e científico dos respondentes, foi possível a definição do parâmetro de referência de cada indicador para as variáveis propostas, conforme Quadro 41.

Quadro 41. Adoção dos parâmetros e valores para as variáveis do sistema interno

Código do indicador	Variáveis do sistema interno				
	Extensão (Ep)	Duração (Ed)	Intensidade (Ei)	Probabilidade (Pe)	Sistema Primário (Es)
A.1.	2. Local	1. Minutos/dias	2. Baixo	3. Médio	2. Fauna e Flora
A.2.	3. Regional	4. Décadas	4. Alto	4. Alto	2. Fauna e Flora
A.3.	2. Local	4. Décadas	2. Baixo	2. Baixo	3. Valores ambientais
A.4.	2. Local	4. Décadas	3. Moderado	3. Médio	2. Fauna e Flora
B.1.	2. Local	3. Anos	2. Baixo	2. Baixo	1. Recursos hídricos
B.2.	2. Local	4. Décadas	4. Alto	2. Baixo	1. Recursos hídricos
B.3.	2. Local	4. Décadas	4. Alto	3. Médio	1. Recursos hídricos
C.1.	4. Continental	5. Séculos	4. Alto	4. Alto	5. Atmosfera
C.2.	2. Local	4. Décadas	4. Alto	4. Alto	3. Valores ambientais
D.1.	5. Global	4. Décadas	4. Alto	3. Médio	3. Valores ambientais
D.2.	2. Local	4. Décadas	3. Moderado	2. Baixo	3. Valores ambientais
D.3.	5. Global	5. Séculos	4. Alto	4. Alto	3. Valores ambientais
D.4.	2. Local	2. Semanas/meses	2. Baixo	2. Baixo	3. Valores ambientais
D.5.	1. Área Específica	4. Décadas	4. Alto	4. Alto	3. Valores ambientais
E.1.	4. Continental	4. Décadas	4. Alto	5. Provável	4. Solo e gelo
E.2.	2. Local	4. Décadas	5. Muito alto	5. Provável	3. Valores ambientais
E.3.	3. Regional	4. Décadas	5. Muito alto	5. Provável	1. Recursos hídricos
F.1.	5. Global	4. Décadas	5. Muito alto	5. Provável	5. Atmosfera
F.2.	3. Regional	4. Décadas	4. Alto	5. Provável	5. Atmosfera

A obtenção dos parâmetros para a avaliação em relação à extensão, duração, intensidade, probabilidade de ocorrência e sistema primário diretamente afetado possibilitou a elaboração da proposta de ponderação (pesos) para os indicadores, conforme a seguir detalhado.

4.4.5 Determinação dos pesos dos indicadores

Conforme exposto na metodologia, a participação dos especialistas contribuiu para análise de relevância dos indicadores propostos, definição dos pesos dos indicadores e categorias e a formulação básica da ferramenta de avaliação ambiental. Os dados completos que contribuíram para determinação dos pesos encontram-se no Anexo V da tese.

Além de servir como instrumento de verificação dos indicadores, a demarcação do nível de relevância contribuiu para determinação do RI, RC e conseqüentemente, do Efeito local (EI) de cada indicador, conforme apresentado anteriormente no algoritmo 3 ($EI = \frac{LI}{RI} \times RC$). A partir do valor Efeito local foi possível delimitar os indicadores

que compõem cada versão⁷. Ao todo, foram 19 indicadores na versão máxima, 16 na versão média e 11 na versão mínima.

Uma vez que foi perceptível a pouca diferença entre a quantidade de indicadores das versões mínima, média e máxima, para a presente pesquisa sugere-se o uso de apenas 2 versões: mínima e máxima.

Assim como o EI, com os resultados da pesquisa foi possível obter os valores das demais variáveis (Ep, Ed, Ei, Pe e Es) através do cálculo da moda, ou seja, do valor de maior incidência atribuído pelos 13 pesquisadores. De forma análoga à metodologia base do sistema interno do SBTool, foi feita a agregação dos valores para alcance do Fk, do peso dos indicadores e das categorias. Os pesos dos indicadores são resultantes da média ponderada de todos os indicadores que compõem as versões da ferramenta. Dessa forma, diante da diferença na quantidade de indicadores por versão, os pesos apresentaram divergências, conforme apresentado no **Quadro 42** e na **Figura 16**.

Quadro 42. Apresentação da quantidade de indicadores por categoria

Categoria	Versão máxima	Versão mínima
Relações entre o edifício e o ambiente	4	2
Água	3	2
Energia	2	2
Materiais e sistemas construtivos	5	1
Resíduos	3	3
Cargas ambientais	2	1
Total	19	11

Apesar de apresentar um menor número de indicadores, a categoria “Cargas ambientais” obteve maior peso global, seguido da categoria “Energia” e “Resíduos”. Como esperado, esses foram os indicadores classificados como de maior relevância e impacto por parte dos pesquisadores. Durante o desenvolvimento do trabalho foi possível observar um alto nível de consenso dos respondentes da pesquisa com relação à gravidade de possíveis impactos relacionados às emissões de poluentes atmosféricos oriundos da queima de combustíveis fósseis, motivo pelo qual as categorias “Cargas ambientais” e “Energia” obtiveram os maiores pesos em todas as versões (**Figura 16**).

⁷ Como apresentado no capítulo de procedimentos metodológicos, todos os indicadores compõem a versão máxima. Já a versão mínima é composta por indicadores cujo valor obtido de EI é igual ou maior que 4,0 pontos.

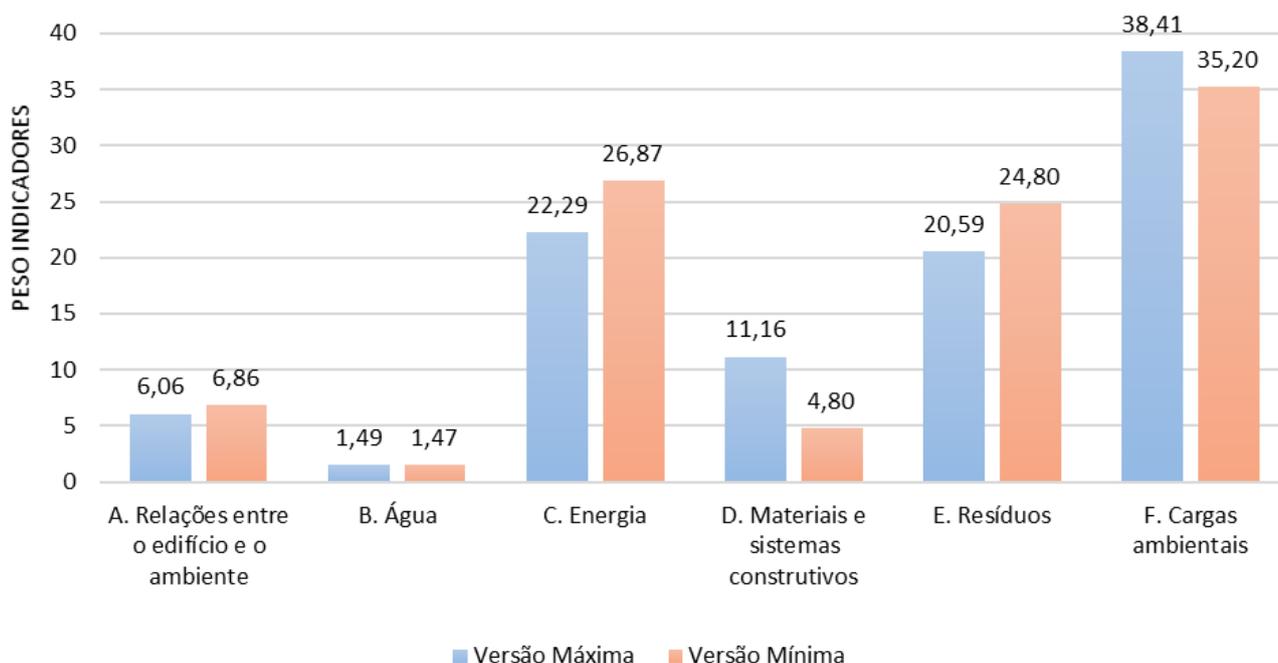


Figura 16. Gráfico com os pesos das versões da ferramenta por categorias

Tal fato pode ser comprovado na análise por indicador, no qual é possível analisar a diferença de pontuação entre os indicadores C.1. “Estratégias para redução do uso de geradores de energia à base de combustíveis fósseis”, F.1. “Impacto das emissões atmosféricas relacionadas ao ciclo de vida da edificação” – que abordam a emissividade com relação ao indicador – com os demais indicadores da ferramenta, conforme pode ser observado na **Figura 17**.

Ainda, destaca-se a alta porcentagem dos pesos dos indicadores que compõe a categoria “Resíduos”, a única em que todos os indicadores estão presentes nas duas versões da ferramenta.

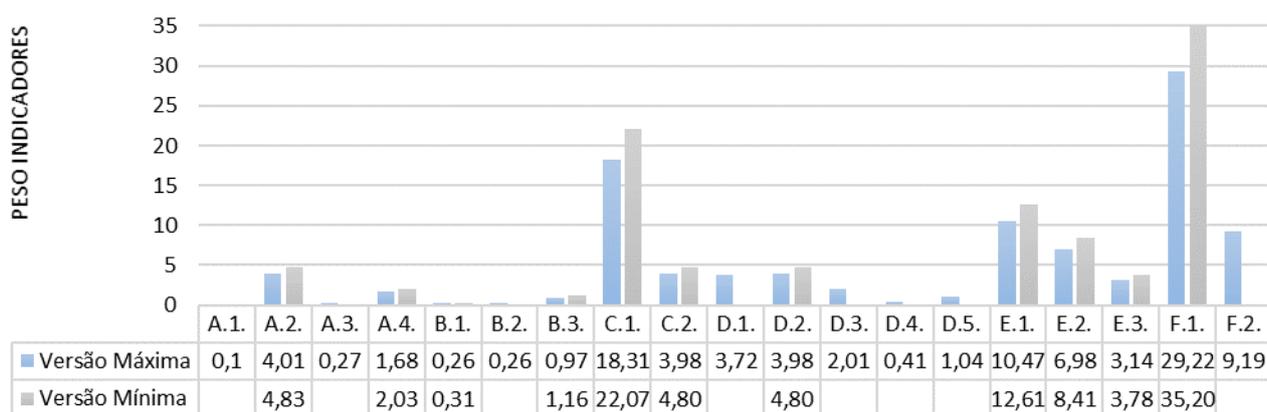


Figura 17. Gráfico com os pesos das versões da ferramenta por indicador

O consenso nas respostas dos pesquisadores também foi notado na categoria “Água”. Devido à abundância do recurso natural no continente, visto que vários pesquisadores classificaram com baixos valores de referência aos parâmetros propostos.

Pode-se afirmar que os resultados obtidos estão em concordância com a legislação internacional aplicável à Antártica; com os relatórios de impacto ambiental exigidos pelo COMNAP e com as boas práticas inerentes às atividades da construção civil no continente. Também, durante o processo de desenvolvimento, buscou-se a conformidade com as rigorosas exigências dos pesquisadores especialistas no planejamento de edificações mais sustentáveis na Antártica. Por fim, considerando o êxito da metodologia e dos pesos propostos, foi possível proceder à elaboração da ferramenta, conforme apresentado no próximo capítulo.

5 FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DE SBTOOL ANTÁRTICA/ AMBIENTAL

Desenvolvida para apoiar o conteúdo do Protocolo de Madri e os profissionais da construção civil no processo de planejamento de edificações antárticas, a ferramenta de avaliação ambiental para edificações antárticas, fase planejamento e projetos, conta com 19 indicadores organizado em 6 categorias.

Os indicadores, conforme a metodologia adotada, foram elaborados considerando seu objetivo, contexto, fontes de informação, marcas de referência e referencial teórico. Por meio das marcas de referência, que expressam as piores ou melhores práticas da construção civil no continente, é possível verificar se as soluções propostas estão compatíveis com o desempenho esperado e com as exigências inerentes à sustentabilidade ambiental das edificações antárticas.

Nesse sentido, ainda que a ferramenta tenha sido elaborada para a etapa de planejamento e projetos servindo de suporte na tomada de decisões dos projetistas, essas podem apoiar o monitoramento do desempenho e/ou fomentar aprimoramentos com relação à sustentabilidade ambiental de estações científicas edificadas, contribuindo para a produção de conhecimento e disseminação das melhores práticas.

Para entendimento do funcionamento da ferramenta, este capítulo foi organizado em 3 subitens: apresentação dos dados internos da ferramenta; processo de avaliação; e resultado da classificação.

5.1 Apresentação da ferramenta

Assim como o SBTool, a ferramenta de avaliação da sustentabilidade ambiental para edificações antárticas foi desenvolvida para ser aplicada através de um arquivo Excel com a premissa de favorecer a facilidade de avaliação e/ou operação, por meio de interface amigável e intuitiva. Desse modo, o arquivo – disponibilizado em domínio público no site www.lpp.ufes.br – foi estruturado com as seguintes abas: apresentação da ferramenta contendo os indicadores e pesos da versão máxima (completa) e mínima; avaliação na ferramenta versão máxima e mínima; e apresentação dos resultados.

Na aba de “Apresentação da ferramenta” constam o objetivo da ferramenta, a identificação dos utilizadores, a etapa do ciclo de vida da edificação, os tipos de edifícios que podem ser avaliados, além das instruções básicas de uso e informações pertinentes.

A primeira aba de apresentação dos indicadores refere-se à versão máxima/completa. Nessa aba, nas primeiras colunas, encontram-se a delimitação das versões, no qual cada indicador está inserido. Essa organização foi uma estratégia para incentivar os avaliadores a optarem pela versão máxima e atender à um número maior de indicadores. Todos os indicadores são organizados em categorias de impacto e apresentam a pontuação de

Efeito Local, Extensão, Duração, Intensidade, Probabilidade e Sistema primário. Na coluna de Efeito Local, assim como praticado pela ferramenta base – o SBTool – o avaliador tem a possibilidade de alterar os valores em 10% para mais ou para menos. Nas demais colunas, não são permitidas alterações dos valores, uma vez que os mesmos foram obtidos com embasamento científico considerando às legislações, às boas práticas e às exigências de especialistas, conforme a metodologia apresentada anteriormente.

Na aba da ferramenta da avaliação, inicialmente, para simplificação da avaliação foram inseridos os nomes dos indicadores e abaixo, a caixa de seleção para determinação do valor de desempenho obtido. Caso o avaliador tenha dúvidas sobre o indicador, ou necessite de informações complementares, ao lado do nome do indicador tem um ícone (+) para ter acesso ao conteúdo completo dos dados internos dos indicadores, conforme pode ser observado na **Figura 18**.

SBTOOL ANTÁRTICA/ AMBIENTAL			
1			
2	A Relações entre o edifício e o ambiente		6,06%
3	A.1. Medidas de atenuação do nível de pressão sonora dos equipamentos		0,10%
4	Objetivo	Promover o conforto acústico dos usuários da edificação e diminuir o impacto que o ruído pode provocar no comportamento das espécies nativas a partir da redução da pressão sonora e da vibração produzida por equipamentos e/ou oriunda dos sistemas construtivos.	
7	Desempenho associado		
8	Negativo	Não existe planejamento específico para atenuação do ruído ou da vibração. Ou Foram especificados equipamentos e sistemas desconsiderando o nível de pressão sonora.	-1
9	Prática mínima	Controle e limitação das rotas de tráfego motorizado evitando sobrevoos em áreas de interesse, considerando a distância mínima de 500 metros das espécies para curto período de tempo (máximo 5 minutos). Locação da edificação longe das áreas das colônias, numa distância mínima de 1,5 km do local proposto.	0
10	Boa prática	Utilização de sistemas de energia considerando a produção máxima de pressão sonora contínua de 35-45 dBA, desde que instalados numa distância de 500 metros das colônias de aves.	3
11	Melhor prática	Atendimento ao nível 0 e 3. Uso de silenciadores, barreiras acústicas, aplicação de isolamento acústico ou especificação de equipamentos e sistemas que permitam a emissão máxima de 35dBA para o ambiente exterior. Planejamento de obra de forma a evitar o uso simultâneo de maquinários e assegurar que durante a construção o ruído dos maquinários seja inferior a 80dBA medidos nos locais de nidificação.	5
12	Obrigatoriamente deverá ser escolhida apenas 1 (uma) opção (-1, 0, 3 ou 5) para cada indicador no ícone ao lado		Resultado da avaliação do indicador
13			3

Figura 18. Apresentação do SBTool Antártica/ Ambiental – aba ferramenta de avaliação

5.2 Dados internos dos indicadores

Organizados em categorias, à frente do título de cada indicador foram inseridos seus pesos nas versões máxima e mínima. Essa organização dos dados de forma sucinta e direta objetivou a facilidade de compreensão e acesso à informação por parte dos usuários, favorecendo assim o uso da ferramenta especialmente durante o processo de projeto.

Sobre a pontuação, ressalta-se que a obtenção do valor está condicionada ao atendimento à todas as ações que constituem a coluna de desempenho associado.

Seguem detalhadas as informações dos indicadores por categoria.

5.2.1 Relações entre o edifício e o ambiente

A. Relações entre o edifício e o ambiente	Pesos das versões	
	Máxima 6,06%	Mínima 6,86%
A.1. Medidas de atenuação do nível de pressão sonora dos equipamentos	Pesos das versões	
	Máxima 0,10%	Mínima -

Definição/objetivo

Promover o conforto acústico dos usuários da edificação e diminuir o impacto que o ruído pode provocar no comportamento das espécies nativas a partir da redução da pressão sonora e da vibração produzida por equipamentos e/ou oriunda dos sistemas construtivos.

Contexto/informações relevantes

Há evidências de que o ruído tem um impacto direto em algumas espécies antárticas, demonstrado por alterações de comportamento ou até mesmo no aumento do índice de mortalidade. Ressalta-se que a execução de ações comumente realizadas em locais urbanizados se difere do contexto antártico. O mesmo ocorre com a utilização de alguns equipamentos – como de monitoramento marinho, por exemplo – que, mesmo operados em frequências menores, podem apresentar riscos às espécies (Tin et al. 2009).

Nesse sentido, nas recomendações para a elaboração de avaliações de impacto ambiental foi verificada a ausência de dados científicos inerentes aos limites de ruídos aceitáveis para as diversas atividades no continente (Erbe et al., 2019). Ainda, nos conteúdos de apoio ao Protocolo há apenas recomendações de controle de tráfego e operações de aeronaves (CEP, 2018), não havendo apontamentos sobre os ruídos inerentes das atividades da construção civil.

Assim, uma vez que as efetivas consequências na produção de altos níveis de pressão sonora ou mesmo de determinadas frequências no continente são desconhecidos, no desenvolvimento do indicador buscou-se, especialmente, a proposição dos limites de pressão sonora com base nos relatórios de Impacto ambiental para construção de edificações.

Fontes de informação

- ▶ Estudos da aerodinâmica da edificação;
- ▶ Mapeamento nas zonas de proteção de espécies e APAs;
- ▶ Plano de atenuação do ruído;
- ▶ Monitoramento do impacto envolvendo as áreas de reprodução e nidificação próximas às estações; e

- ▶ Uso de simulador de nível de ruído.

Marcas de referencia

Pontuação	Desempenho associado
-1	Não existe planejamento específico para atenuação do ruído ou da vibração. Ou Foram especificados equipamentos e sistemas desconsiderando o nível de pressão sonora.
0	Controle e limitação das rotas de tráfego motorizado evitando sobrevoos em áreas de interesse, considerando a distância mínima de 500 metros das espécies para curto período de tempo (máximo 5 minutos). Locação da edificação longe das áreas das colônias, numa distância mínima de 1,5 km do local proposto.
3	Atendimento ao nível 0. Utilização de sistemas de energia considerando a produção máxima de pressão sonora contínua de 35-45 dBA, desde que instalados numa distância de 500 metros das colônias de aves.
5	Atendimento ao nível 0 e 3. Uso de silenciadores, barreiras acústicas, aplicação de isolamento acústico ou especificação de equipamentos e sistemas que permitam a emissão máxima de 35dBA para o ambiente exterior. Planejamento de obra de forma a evitar o uso simultâneo de maquinários e assegurar que durante a construção o ruído dos maquinários seja inferior a 60dBA medidos nos locais de nidificação.

A.2. Estanqueidade dos ambientes para controle de entrada/saída dos materiais biológicos e poluentes em relação ao exterior.	Pesos das versões	
	Máxima	Mínima
	4,01%	4,83%

Definição/objetivo

Evitar que a ocupação humana no continente possa resultar no derramamento de materiais poluentes e/ou a introdução de microrganismos estranhos ao ambiente natural, incluindo patógenos, bem como na invasão e proliferação de espécies não nativas.

Contexto/informações relevantes

O processo de planejamento, execução e operação de estações científicas na Antártica apresenta desafios no que se refere, especialmente, ao manejo de combustíveis e materiais poluentes, além da inserção acidental de espécies não nativas. Os riscos de incidentes ambientais pelo derramamento de combustíveis e produtos químicos no continente são considerados incomuns e de baixo impacto ambiental devido aos atuais procedimentos de biossegurança e imediata ação de mitigação (Brooks et al., 2018). Já os riscos da inserção de espécies não nativas e material biológico são mais frequentes e diretamente relacionados às atividades humanas (Brooks et al., 2018).

Considerando a importância de ações efetivas e imediatas para evitar os impactos ambientais inerentes à introdução de espécies não nativas ou à dispersão de poluentes ou materiais biológicos no ambiente natural da Antártica, recomenda-se o atendimento às orientações do Anexo V do Protocolo de Madri; ao “Manual de espécies não nativas” (CEP, 2019); ao estabelecido na ATCMXXXVII (CEP, 2014); além do mapeamento e monitoramento das áreas com potencial para contaminação.

Fontes de informação

- ▶ Inspeção visual de rotina de estações referenciais;
- ▶ Plano de monitoramento, higienização, inspeção ambiental e remoção de materiais biológicos e poluentes;
- e
- ▶ Caderno de especificações em áreas com potencial poluente.

Marcas de referência

Pontuação	Desempenho associado
-1	Não existe planejamento específico para controle de entrada/saída dos materiais biológicos e poluentes.
0	Atendimento às recomendações do Anexo V do Protocolo de Madri sobre gestão e proteção das áreas (<i>Area protection and management</i>). Atendimento rigoroso às medidas de proteção mencionadas no IP17 do “Manual de espécies não nativas” (CEP, 2019) e nas recomendações aprovadas na ATCM XXXVII (CEP, 2014) sobre armazenamento e manuseio de combustíveis.
3	Atendimento ao nível 0. Elaboração de plano de mapeamento, inspeção e controle de áreas com potencial de poluição. Especificação e descrição dos tanques de combustíveis, localização e medidas para evitar vazamentos e derramamentos. Adoção de medidas visando o impedimento de inserção de espécies não nativas levadas ao ambiente de forma involuntária (nas botas, no material científico, na carga em geral, etc.).
5	Atendimento ao nível 0 e 3. Apresentação de caderno de especificações contendo os sistemas de vedação e os materiais de revestimento dos ambientes com potencial de contaminação e derramamentos de poluentes. Apresentação do plano de treinamento de usuários e visitantes da edificação.

A.3. Interferência do <i>design</i> na paisagem e no ambiente natural	Pesos das versões	
	Máxima	Mínima
	0,27%	-

Definição/objetivo

Planejar edificações em concordância com os condicionantes locais de forma a minimizar os impactos negativos no ambiente natural, na paisagem e/ou nos usuários.

Contexto/informações relevantes

No conteúdo do Protocolo de Madri, há recomendações que visam minimizar às intervenções antrópicas no ambiente natural. Contudo, sob a ótica das intervenções na paisagem, durante a ocupação da Antártica foram observados indícios de impactos negativos e apropriações indesejáveis relacionadas à falta de planejamento de edificações. Dessa forma, uma vez que as intervenções antrópicas podem interferir na paisagem ou nos valores ambientais do continente, deve-se estabelecer limites aceitáveis na interferência ocasionada pela ocupação humana no ambiente antártico, bem como propor diretrizes para a condução de atividades que possibilitem a mitigação ou reversão do impacto causado (Gomes e Alvarez, 2010; Summerson e Bishop, 2012).

Entre as recomendações para o planejamento de edificações de baixo impacto ambiental na paisagem e no ambiente natural estão: a otimização ou diminuição da área construída e do volume da edificação, com a possibilidade de agrupamento ou desmembramento dos blocos edificados buscando a não formação de barreiras visuais; redução do gabarito ou da quantidade de pavimentos quando identificada à proximidade com elevações naturais do terreno de forma a não sobressair o construído em relação ao ambiente natural; e definição das soluções projetuais visando a valorização da paisagem por meio da especificação de materiais e estudo da composição da paisagem (Penteado e Alvarez, 2006).

Fontes de informação

- ▶ Análise da volumetria contemplando o sistema estrutural, alturas e equipamentos em relação ao ambiente natural;
- ▶ Levantamento planialtimétrico;
- ▶ Uso de softwares de simulação de inserção dos elementos construídos na paisagem natural;
- ▶ Análise da fachada mostrando acabamentos e equipamentos; e
- ▶ Estudos da aerodinâmica da edificação.

Marcas de referencia

Pontuação	Desempenho associado
-1	Não existe planejamento específico de avaliação de interferência da edificação na paisagem e no ambiente natural.
0	Uso de formas aerodinâmicas com <i>design</i> considerando o mínimo de impacto no ambiente natural e usuários da edificação. Implantação da edificação considerando a adaptação da edificação à topografia natural do solo/gelo. Localização do volume edificado respeitando as alturas dos elementos naturais do entorno.
3	Atendimento ao nível 0. Apresentação de estudo de impacto visual da edificação na paisagem natural. Apresentação de estudo demonstrando a mínima interferência na paisagem no eventual desmonte e retirada das edificações. Localização da edificação a uma distância de 200 metros de áreas de interesse ambiental específico.
5	Atendimento ao nível 0 e 3. Apresentação do plano de monitoramento da paisagem na etapa de uso e ocupação da edificação.

A.4. Medidas para restaurar ou manter a dinâmica original do ambiente natural	Pesos das versões	
	Máxima	Mínima
	1,68%	2,03%

Definição/objetivo

Assegurar que as atividades da construção civil e a ocupação humana não interfiram na dinâmica original das espécies nativas.

Contexto/informações relevantes

Entende-se que as atividades humanas, especialmente relacionadas à construção de estações científicas e os procedimentos logísticos, podem causar distúrbios na flora e na fauna antártica. Desse modo, diante da contínua expansão das atividades humanas, é necessária a implementação de medidas que buscam favorecer a proteção das espécies nativas através da preservação da dinâmica natural; do monitoramento ambiental à longo prazo; e do aprimoramento da regulamentação inerente à conservação do ecossistema (Tin et al. 2009).

Para tanto, inicialmente recomenda-se a identificação das áreas restritas, como as áreas com ecossistema consolidado e áreas de reprodução das espécies, por exemplo. Essa identificação permite a delimitação das zonas de uso e ocupação permanente e transitória, bem como o estabelecimento das áreas de percurso (Alvarez et al.,2004).

Fontes de informação

- ▶ Mapeamento das áreas de proteção de espécies; e
- ▶ Banco de dados do comportamento de espécies locais.

Marcas de referencia

Pontuação	Desempenho associado
-1	Não existe plano de monitoramento da dinâmica das espécies locais. Ou Implantação das edificações desconsiderando o mapeamento das espécies.
0	Locação da edificação considerando uma distância mínima de 500 metros das zonas de nidificação e áreas das colônias do local proposto. Planejamento logístico para construção e operação com definição das rotas e limitação de veículos.
3	Atendimento ao nível 0. Locação da edificação considerando uma distância mínima de 1,5 quilômetros das zonas de nidificação e áreas das colônias do local proposto. Apresentação do plano de monitoramento das espécies locais.
5	Atendimento ao nível 3. Apresentação do plano de mitigação dos impactos de uso e manutenção da edificação. Apresentação do plano de remediação ambiental dos impactos oriundos de incidentes.

5.2.2 Água

B. Água	Pesos das versões	
	Máxima	Mínima
	1,49%	1,48 %
B.1. Técnicas de obtenção, armazenamento e distribuição da água.	Pesos das versões	
	Máxima	Mínima
	0,26%	0,31%

Definição/objetivo

Garantir o abastecimento e armazenamento de água doce na edificação, bem como o mínimo impacto ocasionado por sua extração do ambiente natural.

Contexto/informações relevantes

A Groelândia e a Antártica juntas concentram quase 70% da água doce do mundo, porém, essa encontra-se, na maioria das situações, em estado sólido (Stec, 2020). Para o consumo de água nas edificações antárticas é essencial que o recurso esteja em sua forma líquida. Caso não haja disponibilidade ou presença de água nesta condição, o gelo deve passar por processos de captação, descongelamento, tratamento e distribuição (Gonçalves et al., 2007). Observa-se ainda que, para garantir a continuidade do abastecimento da água doce

em edificações, é necessária a instalação de sistemas emergenciais, além de sistemas de conservação da água na forma líquida.

A ausência de água na forma líquida pode representar a necessidade de maior investimento em sistemas de captação/descongelamento, aumento do consumo de energia – obtida usualmente pela queima de combustíveis fósseis –, e eventuais impactos ambientais pela liberação de poluentes durante o processo (Montarroyos et al., 2018).

Fontes de informação

- ▶ Identificação de locais com fonte de água (lagos de degelo, vias de escoamento de degelo, etc.) passível de identificação em mapas, fotografias aéreas e relatórios geológicos;
- ▶ Inventário das tecnologias dos sistemas de conservação, drenagem e redução do consumo adequadas para o ambiente antártico;
- ▶ Relatório da qualidade da água em estado líquido ou de degelo; e
- ▶ Cálculos de volume de água disponível.

Marcas de referencia

Pontuação	Desempenho associado
-1	O abastecimento da água doce demanda alto consumo energético oriundo da queima de combustível fóssil. Ou Ausência de controle de abastecimento e consumo de água doce.
0	Apresentação do demonstrativo do potencial volumétrico das fontes de água e teste de qualidade. Planejamento da distância entre as fontes de água e a edificação de até 500 metros.
3	Atendimento ao nível 0. Instalação de sistemas emergenciais de captação e reserva de água. Adoção de sistemas eficientes de drenagem, descongelamento, dessalinização e/ou conservação de água doce. Utilização de sistema de derretimento de gelo ou dessalinização energeticamente eficientes.
5	Atendimento ao nível 0 e 3. Instalação de sistemas emergenciais de captação e reserva, que utilizam fontes de energia renovável. Zoneamento dos ambientes por uso visando a concentração dos equipamentos hidrossanitários.

B.2. Instalação de equipamentos economizadores de água e sistemas de prevenção de vazamentos.	Pesos das versões	
	Máxima	Mínima
	0,26%	-

Definição/objetivo

Assegurar a redução do consumo e do desperdício de água doce por meio de equipamentos economizadores e sistemas de prevenção de vazamentos.

Contexto/informações relevantes

Ainda que em estado sólido, diante da disponibilidade de água doce na Antártica, muitas atividades são realizadas sem considerar medidas que objetivem a redução do consumo e do desperdício (Gonçalves et al., 2007). Nesse sentido, adverte-se que o consumo excessivo da água acarreta em impactos ambientais relacionados desde a etapa de captação à destinação final das águas residuárias, ocasionando um possível aumento na geração de resíduos, na demanda energética e na emissão de poluentes (Soares et al., 2010).

Na Antártica, a instalação de equipamentos economizadores de água e de sistemas de prevenção de vazamento são fatores determinantes para redução do consumo ao longo da vida útil da edificação. Estudos apontam que, por meio desses, é possível promover a redução do consumo em até 40% com relação ao consumo convencional (Soares et al., 2012). Tão necessário quanto à instalação desses tipos de dispositivos, são ações de monitoramento e intervenção em casos de vazamento, bem como o treinamento de usuários e responsáveis pelo funcionamento da edificação.

Fontes de informação

- ▶ Estudo de viabilidade para instalação de sistemas economizadores de água; e
- ▶ Cálculo da economia de água doce prevista.

Marcas de referencia

Pontuação	Desempenho associado
-1	Não existe planejamento específico para instalação de equipamentos economizadores de água ou sistemas de prevenção de vazamentos. Ou Usuários e técnicos responsáveis pelo funcionamento da edificação não recebem treinamento específico.
0	Elaboração de plano de racionalização no consumo de água da edificação. Adoção de materiais e equipamentos que requerem mínimo consumo de água nos procedimentos de manutenção. Treinamento de usuários e técnicos responsáveis pelo funcionamento da edificação visando a contenção de desperdícios.

Continua

Pontuação	Desempenho associado
3	Atendimento ao nível 0. Instalação de dispositivos economizadores de água em todos os equipamentos de uso comum, com previsão de percentual de economia de água doce. Uso de dispositivo detector de vazamentos.
5	Atendimento ao nível 3. Instalação de dispositivo economizador de água com temporizador em todos os equipamentos de uso comum, com previsão de percentual de economia de água doce.

B.3. Sistemas de reutilização de águas cinzas e negras	Pesos das versões	
	Máxima	Mínima
	0,97%	1,16%

Definição/objetivo

Reduzir o consumo de água doce por meio da disponibilidade de sistemas de reutilização das águas cinzas e negras, além de evitar o descarte de águas residuárias em locais não apropriados, promovendo o correto tratamento e descarte.

Contexto/informações relevantes

Diante da inevitável geração de águas residuárias procedentes das atividades humanas na Antártica e dos possíveis impactos oriundos do descarte no ambiente natural antártico, o Protocolo de Madri estabelece requisitos mínimos para tratamento e reuso das águas cinzas e negras.

Partindo da premissa de conservação da água, a utilização de fontes alternativas de abastecimento caracteriza-se como uma forma de redução do consumo de água doce, diminuição da geração de resíduos e do consumo energético (Soares et al., 2010). Uma vez que a água tratada tem potencial de reutilização para fins domésticos (Tarasenko, 2009), estudos evidenciam que a instalação de sistemas de reutilização de águas cinzas pode ocasionar uma economia de cerca de 45% no consumo por ocupante em edificação localizada na Antártica (Soares et al., 2012).

Adverte-se que, na Antártica, para seleção das fontes alternativas de abastecimento de água devem ser considerados fatores como custo de obtenção e manutenção, tecnologias existentes, continuidade no fornecimento, riscos de contaminação e qualidade da água (Soares et al., 2010).

Fontes de informação

- ▶ Estudo de viabilidade para instalação de sistemas de tratamento e reuso de águas cinzas;
- ▶ Calculo da relação entre a quantidade de água coletada e da possível economia pela substituição da água doce; e
- ▶ Plano de monitoramento de parâmetros de diluição nas descargas de águas residuárias.

Marcas de referencia

Pontuação	Desempenho associado
-1	Não foi realizado o estudo de viabilidade para reutilização/ tratamento de águas cinzas ou se mostrou inviável.
0	Apresentação do demonstrativo do potencial volumétrico de águas cinzas captada e reutilizada. Elaboração de um plano de gerenciamento, considerando ao menos 25% de reutilização das águas cinzas tratadas. Apresentação do plano de monitoramento da qualidade da água cinza reaproveitada. Implantação da edificação considerando o afastamento entre as fontes de captação de água em relação às áreas de despejo de águas residuárias (cinzas e negras) tratados maior que 150 metros.
3	Atendimento ao nível 0. Elaboração de um plano de gerenciamento, considerando pelo menos 50% de reutilização das águas cinzas.
5	Atendimento ao nível 0 e 3. Tratamento e reutilização de 100% águas residuárias (cinzas e negras). Instalação de sistemas de tratamento e reutilização para águas residuárias, que utilizam fontes de energia renovável.

*Admite-se que a unidade de medida do percentual seja em volume.

5.2.3 Energia

C. Energia	Pesos das versões	
	Máxima	Mínima
	22,29%	26,86%
C.1. Estratégias para redução do uso de geradores de energia à base de combustíveis fósseis	Pesos das versões	
	Máxima	Mínima
	18,31%	22,06%

Definição/objetivo

Favorecer o uso de sistemas de energia renovável integrada com estratégias para redução e gerenciamento do consumo energético como forma de minimizar o consumo de combustíveis fósseis.

Contexto/informações relevantes

Na Antártica, a principal fonte de energia comumente utilizada nas edificações é a produzida em geradores à base de combustível fóssil. Além do caráter danoso da utilização desta fonte energética numa área de proteção e de interesse ambiental, salienta-se que a exploração local das energias disponíveis – principalmente o vento e, eventualmente, a radiação solar, deixando o combustível fóssil somente para situações de emergência – poderia auxiliar na redução de danos causados por vazamentos de óleo ou emissões de poluentes, por exemplo (COMNAP, 2007; 2013; Montarroyos et al., 2018). Nessa perspectiva, a diversificação da matriz energética tem se apresentado como uma eficaz estratégia para atender à demanda energética com menores impactos, seja na Antártica como também em outros locais do planeta.

Destaque-se que o desenvolvimento tecnológico relacionado à produção de energia a partir de fontes renováveis ainda não permite, na situação característica de necessidade de segurança da Antártica, operar estações somente com esse recurso (Tin et al., 2010; National Academy of Sciences of Belarus, 2015). No entanto, é inegável que cada vez mais tenha que ser dada a preferência no uso de fontes de energia renovável nas estações científicas considerando que tal estratégia é fundamental na minimização dos impactos ambientais e preservação do frágil ambiente antártico (Christo et al., 2011).

Fontes de informação

- ▶ Análise de relação entre as demandas e a capacidade de atendimento pelas fontes de energia renovável; e
- ▶ Estudos de viabilidade para uso e combinação de sistemas renováveis ou inserção de sistemas de energia inovadores que não dependem de combustíveis fósseis;
- ▶ Relatórios de avaliação de impacto submetidos ao COMNAP.

Marcas de referencia

Pontuação	Desempenho associado
-1	Energia atendida somente por geradores à base de combustíveis fósseis.
0	Instalação de sistemas de geração de energia a partir de fontes renováveis como sistema secundário de energia.
3	Uso de sistemas renováveis como fonte primária de energia e uso de geradores à base de combustíveis fósseis como fonte secundária de energia. Utilização de sistemas de cogeração <i>Combined Heat and Power</i> (CHP). Uso de sistemas de gerenciamento energético por <i>Smartgrid</i> .
5	Atendimento ao nível 3. Instalação de sistemas de geração de energia a partir de fontes renováveis como sistema primário de energia e utilização de geradores a base de combustíveis fósseis somente para uso emergencial.

C.2. Eficiência energética da edificação.	Pesos das versões	
	Máxima	Mínima
	3,98%	4,80%

Definição/objetivo

Adotar medidas de proteção em relação às intempéries e aos condicionantes ambientais extremos da região promovendo estratégias projetuais que levem à eficiência energética da edificação.

Contexto/informações relevantes

Entende-se por eficiência energética como as ações que permitem a execução das mesmas atividades com menor consumo energético. Na Antártica, a aplicação de estratégias eficientes energeticamente auxilia na redução das atividades logísticas; na necessidade de menor investimento em combustíveis e na redução dos riscos inerentes ao manuseio e transporte de combustíveis (Silva, 2020). A partir da maior eficiência energética obtém-se a redução ou otimização do uso de geradores movidos à combustíveis fósseis e, eventualmente, a melhor aplicabilidade da energia oriunda de fontes renováveis.

A maioria das edificações recentes na Antártica utiliza sistemas de geração de energia à base de diesel com cogeração e em combinação com fontes de energia renovável associados à conversores e acumuladores (Alvarez et al., 2013). A cogeração é o processo de produção que combina o calor e a eletricidade, podendo proporcionar aproveitamento de pelo menos 70% da energia térmica produzida e eventualmente desperdiçada, contribuindo para aumento da eficiência global do sistema (Christo et al., 2015). Essa técnica, entre outras estratégias, pode favorecer a eficiência energética da edificação, e também cooperar para a redução das emissões de poluentes (Christo et al., 2011).

Além da implementação de sistemas eficientes e estratégias de otimização, no âmbito das escolhas projetuais, destacam-se o posicionamento dos ambientes internos de forma a potencializar a conservação do calor; a especificação dos elementos de uso externo e vedação de forma compatível com as condições climáticas locais; e o aproveitamento da iluminação natural (Casagrande e Alvarez, 2013; Kibert, 2016). A busca de maior eficiência energética passa, também, pelo treinamento dos usuários da edificação, cuja conscientização em relação ao desperdício deve ser incentivado e exigido.

Fontes de informação

- ▶ Cálculos de consumo energético da edificação;
- ▶ Simulações de desempenho energético; e
- ▶ Planejamento e especificação de sistemas e monitoramento do consumo.

Marcas de referencia

Pontuação	Desempenho associado
-1	Adoção de soluções construtivas usuais para o ambiente antártico ou situações semelhantes, sem a preocupação com a racionalização energética. Ou Não foi planejada a instalação de dispositivos ou equipamentos considerando a eficiência energética.
0	Proposição de <i>design</i> que potencializa o uso de iluminação natural e promove a conservação do calor gerado na edificação. Implantação que reduz o gasto energético dos sistemas de distribuição de água e destinação das águas servidas. Apresentação do caderno de especificação ou memorial descritivo contendo materiais e sistemas que promovem o isolamento térmico da edificação, bem como utilização de equipamentos de iluminação artificial e eletrodomésticos de alta eficiência energética em todos os ambientes de uso comum. Especificação de equipamentos para o aquecimento da edificação, captação e abastecimento de água, tratamento de águas residuárias e compactação de resíduos sólidos considerando a eficiência energética.
3	Atendimento ao nível 0. Apresentação de simulações ou metodologia semelhante que demonstrem a economia de energia promovida pelas decisões projetuais na etapa de concepção da(s) edificação(es) e por meio da instalação de dispositivos economizadores. Desenvolvimento do plano de treinamento para usuários e para a equipe responsável pelo funcionamento e manutenção da edificação.
5	Atendimento ao nível 3. Apresentação de simulações ou metodologia semelhante que demonstrem ausência de fugas de calor bem como o aproveitamento do calor gerado pelos equipamentos e uso dos ambientes para o condicionamento ambiental. Apresentação de demonstrativo que evidencie a redução de 25% ou mais do consumo energético por meio da instalação de dispositivos economizadores.

5.2.4 Materiais e sistemas construtivos

D. Materiais e sistemas construtivos	Pesos das versões	
	Máxima	Mínima
	11,16%	4,80%
D.1. Soluções projetuais para ampliação da vida útil e diminuição da necessidade de manutenção	Pesos das versões	
	Máxima	Mínima
	3,72%	-

Definição/objetivo

Promover a máxima durabilidade dos materiais e sistemas que compõem a edificação visando a extensão da vida útil e diminuição na necessidade de manutenção.

Contexto/informações relevantes

No contexto antártico, a ampliação da vida útil está diretamente relacionada à resistência dos materiais e sistemas construtivos em relação aos condicionantes inóspitos do continente. A seleção de materiais em concordância com os condicionantes típicos da região, impactam diretamente na segurança dos usuários, na preservação do ambiente além da durabilidade, desempenho e integridade da edificação (Montarroyos et al., 2018).

Com relação à durabilidade, assim como nos meios urbanos tradicionais, na Antártica está também diretamente relacionada à manutenção, como um fator determinante para o prolongamento da vida útil do material e/ou edificação (Bissoli-Dalvi, 2014). Materiais que não requerem tratamento superficial – como pintura, por exemplo – tendem a ser mais duráveis e requerer menor manutenção. Também é desejável que seja facilitada a substituição de peças e elementos construtivos, visto as dificuldades logísticas nos procedimentos de reparo e manutenção periódica.

Fontes de informação

- ▶ Projeto arquitetônico executivo;
- ▶ Memorial descritivo; e
- ▶ Análise do planejamento e gerenciamento de obra de edificações semelhantes.

Marcas de referencia

Pontuação	Desempenho associado
-1	A edificação não foi planejada considerando a vida útil ou os impactos ambientais inerentes aos procedimentos de manutenção.
0	Especificação de sistemas e materiais construtivos que possibilitem a durabilidade da edificação em pelo menos 15 anos, bem como que sejam adequadas aos condicionantes logísticos e às demandas operacionais antárticas. Especificação de sistemas, equipamentos e materiais de uso externo resistentes à corrosão e à radiação UV.
3	Atendimento ao nível 0. Adoção de materiais com necessidade mínima de manutenção preventiva e corretiva, especialmente aquelas que originem a geração de resíduos tóxicos. Adoção de sistemas e materiais construtivos que exijam mínima mão de obra especializada para a manutenção preventiva e corretiva. Apresentação de soluções arquitetônicas e treinamentos que favoreçam a realização da manutenção preventiva por usuários da edificação (não qualificados).

Continua

Pontuação	Desempenho associado
5	<p>Atendimento ao nível 0 e 3.</p> <p>Adoção de materiais com necessidade mínima de manutenção preventiva e corretiva, especialmente no que se refere à geração de resíduos de qualquer natureza.</p> <p>Especificação de sistemas e materiais construtivos que atendam às exigências de vida útil da edificação de pelo menos 25 anos, e que a manutenção preventiva seja apenas a limpeza.</p> <p>Especificação de materiais passíveis de serem reaproveitados no descomissionamento da edificação.</p>

D.2. Utilização de sistema modular, pré-fabricado, flexível, adaptável e/ou de rápida execução.	Pesos das versões	
	Máxima	Mínima
	3,98%	4,80%

Definição/objetivo

Especificar sistemas construtivos visando a agilidade de montagem, reduzida geração de resíduos, pequena equipe de trabalhadores em campo e facilidade de transporte, construção/montagem e desmonte.

Contexto/informações relevantes

Diante da distância geográfica, das dificuldades logísticas, da pouca disponibilidade de tempo para a realização das atividades de construção (restrita aos verões antárticos) em combinação com a elevada probabilidade da ocorrência de condições meteorológicas adversas, a especificação de sistemas construtivos modulares, pré-fabricados, flexíveis, adaptáveis e/ou de rápida execução se caracterizam como uma alternativa viável e segura para a execução de edificações antárticas (Brasil, 2019).

Dessa forma, durante o processo de planejamento e especificação de materiais e sistemas construtivos há o incentivo à racionalidade construtiva e otimização dos procedimentos de construção, manutenção e descomissionamento.

Fontes de informação

Projeto arquitetônico executivo;

Memorial descritivo;

Caderno de especificações dos materiais e sistemas construtivos; e

Análise do planejamento e gerenciamento de obra de edificações semelhantes.

Marcas de referencia

Pontuação	Desempenho associado
-1	O projeto foi desenvolvido sem a adoção de soluções modulares ou com uso de elementos pré-fabricados.
0	O projeto foi desenvolvido baseado em soluções modulares ou com uso de elementos pré-fabricados com necessidade mínima de ajustes na montagem <i>in loco</i> . Seleção de materiais e elementos construtivos que facilitam a execução, manutenção e eventual desmonte considerando os condicionantes logísticos disponíveis. Adoção de sistema construtivo que ofereça segurança aos operários nas etapas de construção e manutenção da edificação e instalações complementares.
3	Atendimento ao nível 0. Especificação de materiais e sistemas que exigem o mínimo de mão de obra especializada para construção, manutenção ou desmonte, e que os encaixes ou mecanismos de ligação dos materiais permitam o reaproveitamento no descomissionamento da edificação.
5	Atendimento ao nível 3. Apresentação de estratégias que evidenciam a otimização dos materiais construtivos levados ao continente e do tempo de execução da obra, bem como a redução da probabilidade de ocorrência de imprevistos ou acidentes e diminuição da geração de resíduos por meio da seleção de sistemas e materiais.

D.3. Adoção de materiais de baixo impacto ambiental.	Pesos das versões	
	Máxima	Mínima
	2,01%	-

Definição/objetivo

Incentivar o uso de materiais de baixo impacto ambiental e a utilização de componentes de edificações existentes ou materiais disponíveis na Antártica como forma de reduzir o consumo de recursos naturais, a geração de resíduos e as emissões atmosféricas.

Contexto/informações relevantes

Os materiais caracterizados como mais sustentáveis são: os reutilizados ou reciclados de estruturas existentes por minimizar o consumo de recursos naturais e reduzir as emissões provenientes do processo de transporte; os de baixo impacto ambiental pela redução da quantidade de resíduos gerados, e do consumo de água e de energia, especialmente, na etapa de produção; e os renováveis por possuírem capacidade de regeneração contínua, contribuindo para diminuição de impactos, principalmente, na etapa final de seu ciclo de vida (Bissoli-Dalvi, 2014; Kibert, 2016). Outro aspecto normalmente considerado nos meios urbanos tradicionais mas que não se aplicam para a Antártica se refere à utilização de materiais locais, evitando assim o consumo de energia no transporte e, também incrementando a economia local.

Fontes de informação

- ▶ Projeto arquitetônico executivo;
- ▶ Memorial descritivo;
- ▶ Caderno de especificações dos materiais e sistemas construtivos; e
- ▶ Análise do planejamento e gerenciamento de obra de edificações semelhantes.

Marcas de referencia

Pontuação	Desempenho associado
-1	Não foi adotado o critério de baixo impacto ambiental na especificação dos materiais construtivos.
0	Especificação de, pelo menos, 25% de materiais de comprovado baixo consumo de água e energia e a baixa geração de resíduos na etapa de produção.
3	Atendimento ao nível 0. Utilização de materiais oriundos de outras edificações antárticas ou reaproveitados de outros usos. Ou Uso de elementos construtivos compostos por materiais reciclados ou reutilizados no país de origem.
5	Atendimento ao nível 3. Especificação de pelo menos 50% de materiais de comprovado baixo consumo de água e energia e a baixa geração de resíduos na etapa de produção. Especificação de sistema construtivo que permite o desmonte e remonte da edificação em outro local com perda mínima de materiais.

*Admite-se que a unidade de medida do percentual seja em volume ou em área.

D.4. Gestão de materiais e embalagens de proteção	Pesos das versões	
	Máxima	Mínima
	0,41%	-

Definição/objetivo

Planejar a construção de forma a proteger os materiais no canteiro de obras, além de otimizar e/ou evitar o uso de embalagens ou, ainda, buscar o aproveitamento dessas na edificação ou em atividades desenvolvidas no local.

Contexto/informações relevantes

Considerando os condicionantes antárticos, a necessidade de transporte em diversas modalidades desde o país de origem até o local de construção, o uso de embalagens de proteção é uma prática comum que, normalmente, ocasiona geração de uma grande quantidade de resíduos que devem, necessariamente, ser transportados para fora do ambiente antártico.

Sabendo que as embalagens são fundamentais para a proteção e conservação dos elementos construtivos (Bissoli-Dalvi, 2014), e entendendo os impactos ambientais que podem ser ocasionados pelo descarte inadequado de resíduos ou outros materiais no ambiente natural, alerta-se para a necessidade de facilitar os procedimentos de redução do volume, reciclagem, reutilização e/ou remoção das embalagens para fora do continente. Assim, esses devem ser duráveis, resistentes e passíveis de reaproveitamento na edificação ou nas atividades executadas na Antártica.

Fontes de informação

- ▶ Memorial descritivo;
- ▶ Manual de uso dos materiais;
- ▶ Registros do volume de embalagens retiradas do continente;
- ▶ Caderno de especificações dos materiais e sistemas construtivos; e
- ▶ Análise do planejamento e gerenciamento de obra de edificações semelhantes.

Marcas de referencia

Pontuação	Desempenho associado
-1	Não foram desenvolvidos projetos específicos relacionados à otimização das embalagens dos equipamentos, materiais construtivos e demais elementos relacionados à logística da construção.
0	Desenvolvimento de projeto específico para as embalagens dos equipamentos, materiais construtivos e demais elementos relacionados à logística da construção, considerando todos os meios de transporte do país de origem até o destino final. Elaboração de plano para remoção das embalagens e materiais de proteção utilizadas no canteiro de obras.
3	Atendimento ao nível 0. Desenvolvimento de projeto específico considerando a não necessidade de embalagens em, pelo menos, 50% dos elementos construtivos. Ou Desenvolvimento de projeto das embalagens considerando o posterior reaproveitamento em, pelo menos, 50% do quantitativo total.
5	Atendimento ao nível 0 Desenvolvimento de projeto específico considerando a não necessidade de embalagens em, pelo menos, 75% dos elementos construtivos. Ou Desenvolvimento de projeto das embalagens considerando o posterior reaproveitamento em, pelo menos, 75% do quantitativo total.

*Admite-se que a unidade de medida do percentual seja em peso ou em área.

D.5. Resistência da edificação às pressões do vento e à vibração	Pesos das versões	
	Máxima	Mínima
	1,04%	-

Definição/objetivo

Projetar edificação para minimizar os impactos oriundos da pressão dos ventos e à vibração na edificação.

Contexto/informações relevantes

Entre as características ambientais da Antártica, tem-se as fortes rajadas de ventos que podem chegar à quase 200km/h. Tal característica influencia diretamente nas tipologias construtivas – no qual há o incentivo às formas aerodinâmicas –, e na concepção de estações enclausuradas e elevadas, de maneira à promover o conforto do usuário, melhorias no desempenho e na estabilidade da edificação (INSTITUTO..., 2013; Alvarez, 2007).

O movimento do vento também pode ocasionar o acúmulo indesejável de neve, dificultando as atividades nas edificações principalmente no inverno.

Observa-se que, dependendo do sistema construtivo adotado, os fortes ventos podem ocasionar desconforto e sensação de insegurança nos usuários em função da vibração nas edificações, mesmo que sejam comprovadamente seguras. Também os equipamentos eventualmente podem gerar vibrações indesejáveis caso não sejam projetados espaços específicos para a sua instalação. Esses espaços devem conter materiais de revestimento e vedação que absorvem os esforços e eliminem os efeitos da vibração.

Fontes de informação

- ▶ Simulações computacionais;
- ▶ Teste de túnel de vento;
- ▶ Projeto arquitetônico executivo com detalhamento;
- ▶ Memorial descritivo;
- ▶ Caderno de especificações dos materiais e equipamentos; e
- ▶ Análise do planejamento e gerenciamento de obra de edificações semelhantes.

Marcas de referencia

Pontuação	Desempenho associado
-1	A edificação foi projetada desconsiderando os impactos do vento e a eventual geração de vibração na estrutura.
0	Desenvolvimento de <i>design</i> aerodinâmico que auxilie na não acumulação de neve no entorno da edificação. Especificação de sistema construtivo que impeça a vibração da edificação ocasionado pelos ventos ou equipamentos.

Continuação

Pontuação	Desempenho associado
3	Atendimento ao nível 0. Apresentação de cálculos ou modelos computacionais que comprovem a resistência da edificação às cargas de vento. Apresentação de cálculos ou modelos computacionais que demonstrem o não acúmulo de neve no entorno da edificação.

5.2.5 Resíduos

E. Resíduos	Pesos das versões	
	Máxima	Mínima
	20,59%	24,81%
E.1. Implantação de instalações para o armazenamento, triagem e descarte de resíduos sólidos	Pesos das versões	
	Máxima	Mínima
	10,47%	12,61%

Definição/objetivo

Desenvolver planos e implantar instalações para o correto armazenamento, triagem e tratamento dos resíduos sólidos gerados, além de apoiar as operações logísticas de compactação e descarte dos mesmos para fora do continente.

Contexto/informações relevantes

A principal característica da Antártica – suas baixas temperaturas – faz com que a decomposição dos materiais aconteça de forma muito lenta ou que não aconteça, diferentemente dos países tropicais. Associado a isso, a Antártica se caracteriza por sua extrema fragilidade, sendo de grande importância a adoção de medidas que impeçam eventuais acidentes ambientais que possam comprometer seu delicado ecossistema. Nesse sentido, no que se refere ao despejo de resíduos sólidos no ambiente natural, no conteúdo do Anexo III do Protocolo de Madri, consta a obrigação de redução ao mínimo indispensável a produção de resíduos assim como a obrigatoriedade de remoção dos mesmos da área ao sul de 60 graus de latitude sul, inclusive às plataformas de gelo. Visando o cumprimento das metas estabelecidas e acordadas por todos os países membros do COMNAP, foram estabelecidas recomendações de armazenamento, triagem, compactação, incineração, bem como remoção de todo resíduo sólido para fora do continente (SAT, 1991; SAT, 2015).

Em concordância com o exposto, buscam-se soluções e tecnologias inovadoras que contribuam para o controle efetivo e para favorecer redução de resíduos sólidos produzidos na Antártica (Woelffel e Alvarez, 2008).

Fontes de informação

- ▶ Projeto arquitetônico executivo;
- ▶ Memorial descritivo com cálculos de previsão de geração de resíduos;
- ▶ Relatórios anuais de classificação e produção de resíduos sólidos disponíveis na ATCM; e
- ▶ Análise do plano de gerenciamento de resíduos.

Marcas de referencia

Pontuação	Desempenho associado
-1	Não foram projetadas instalações para triagem, armazenamento, tratamento e processo de descarte/destinação dos resíduos sólidos.
0	Atendimento aos requisitos do Anexo III do Protocolo de Madri. Planejamento de locais destinados à triagem, armazenamento, tratamento e processo de descarte dos resíduos sólidos gerados na etapa de construção. Apresentação do projeto arquitetônico considerando a implantação de instalações para triagem, armazenamento, tratamento e processo de descarte dos resíduos sólidos gerados na etapa de uso e operação da edificação.
3	Atendimento ao nível 0. Instalação de sistemas de separação e embalagem dos resíduos sólidos minimamente nas seguintes categorias: orgânicos; tóxicos; papéis, metais; vidros e plásticos. Instalação de sistemas de compactação ou redução do volume de resíduos sólidos de baixo impacto ambiental que contribuam para a diminuição do volume total a ser retirado do Continente. Elaboração do programa de treinamento dos usuários da edificação para conscientização da necessidade de redução na produção do resíduo e posterior etapa de separação e tratamento, atendendo aos requisitos do Anexo III do Protocolo de Madri.
5	Atendimento ao nível 0 e 3. Demonstrativo do planejamento ou solução inovadora visando a mínima geração de resíduos com embalagens, ajustes dos materiais construtivos e demais formas de produção de resíduos sólidos na etapa de construção. Especificação de equipamentos inerentes ao processo de tratamento dos resíduos sólidos – por exemplo compactador e incinerador – de alta eficiência energética, reduzida emissão de poluentes e baixo consumo de água.

E.2. Gestão de resíduos tóxicos	Pesos das versões	
	Máxima	Mínima
	6,98%	8,41%

Definição/objetivo

Promover a redução ou correta destinação do volume de resíduos tóxicos gerados durante as etapas de construção, operação, manutenção e descomissionamento da edificação.

Contexto/informações relevantes

Sobre os resíduos tóxicos, o conteúdo do Protocolo de Madri estabelece exclusivamente a total remoção do volume para fora do continente (SAT, 2015), sejam eles gerados no uso cotidiano – como nos laboratórios e na rotina de funcionamento de equipamentos – sejam gerados de forma excepcional. Nesse contexto, considerando que para gerenciamento de resíduos tóxicos em locais remotos exige-se soluções inovadoras, busca-se no atendimento ao indicador o planejamento e especificação de instalações capazes de reduzir ou eliminar a produção desses, além de favorecer a segurança das operações logísticas de remoção (British Antarctic Survey, 2007).

Fontes de informação

- ▶ Projeto arquitetônico executivo;
- ▶ Memorial descritivo com cálculos de previsão de geração de resíduos tóxicos;
- ▶ Relatórios anuais de classificação e produção de resíduos sólidos disponíveis na ATCM; e
- ▶ Análise do plano de gerenciamento de resíduos.

Marcas de referencia

Pontuação	Desempenho associado
-1	Foi desconsiderada a eventual geração de resíduos tóxicos nas etapas de construção, operação, manutenção e descomissionamento da edificação.
0	Atendimento aos requisitos do Anexo III do Protocolo de Madri. Apresentação de memorial demonstrando a adoção de estratégias que visam a mínima produção de resíduos tóxicos na etapa de construção da edificação. Planejamento das instalações que favoreçam a segurança no armazenamento dos resíduos tóxicos gerados na etapa de construção até a remoção do Continente.
3	Atendimento ao nível 0. Especificação de sistemas e equipamentos de uso cotidiano que não gerem resíduos tóxicos na etapa de operação da edificação. Apresentação de estratégias projetuais, caderno de especificações e/ou plano de treinamentos de equipe que promovam a redução na geração de resíduos tóxicos no processo de manutenção da edificação. Apresentação de soluções que demonstrem a segurança no trato dos resíduos sólidos tóxicos gerados em atividades relacionadas à pesquisa e à área de saúde ou em situações de excepcionalidade.
5	Atendimento ao nível 0. Apresentação de estratégias projetuais que evidencie a não geração de resíduo tóxico durante as etapas de construção, operação, manutenção e descomissionamento da edificação, com exceção das atividades vinculadas à pesquisa e à saúde.

E.3. Tratamento e destinação de águas residuárias.	Pesos das versões	
	Máxima	Mínima
	3,14%	3,78%

Definição/objetivo

Promover o correto armazenamento e tratamento das águas residuárias, de forma a evitar impactos ambientais oriundos do despejo de águas cinzas e negras não tratadas no ambiente natural durante as etapas de construção, operação, manutenção e descomissionamento da edificação.

Contexto/informações relevantes

O conteúdo do Protocolo de Madri, no Anexo III, faz recomendações para que, na medida do possível, as águas residuárias não sejam descartadas no ambiente antártico sem tratamento. Sobre as águas negras, em casos específicos de edificações de menor porte e considerando somente o descarte de material orgânico, pode haver a dispersão do resíduo no oceano entendendo a capacidade de diluição do ambiente marinho (SAT, 1991; SAT, 2015).

Contudo, tendo ciência dos possíveis impactos ambientais oriundos da deposição de águas residuárias no continente e da diferença do nível de tratamento (Tin et al, 2009), tem-se como necessário o estabelecimento de métricas que visam o tratamento e a correta destinação de toda água residuária gerada na Antártica, ressaltando-se que a maioria dos sistemas de tratamento em edificações antárticas se mostraram eficientes (Gröndahl et al., 2009).

Os princípios que orientam a instalação desses sistemas de tratamento devem considerar a minimização dos impactos ambientais, a racionalização espacial dessas instalações e a confiabilidade com relação ao gerenciamento, controle de qualidade da água e segurança contra vazamentos (Tarasenko, 2009). Ressalta-se, ainda, a necessidade de constante monitoramento em todo o processo.

Fontes de informação

- ▶ Projeto arquitetônico executivo;
- ▶ Projeto hidrosanitário executivo com especificações;
- ▶ Memorial descritivo do projeto hidrosanitário; e
- ▶ Plano de gerenciamento de resíduos.

Marcas de referencia

Pontuação	Desempenho associado
-1	Não foram previstos sistemas de tratamento das águas residuárias.
0	Tratamento de toda água residuária antes do descarte no ambiente com monitoramento da eficiência do sistema. Apresentação do plano de armazenamento e retirada total dos resíduos líquidos tóxicos em todas as etapas relacionada ao ciclo de vida da edificação. Implementação de rotina periódica de inspeção para identificação de eventuais vazamentos das águas servidas no ambiente natural.
3	Atendimento ao nível 0. Planejamento de sistemas para a separação das águas residuárias minimamente em cinzas e negras. Uso de materiais de baixo impacto ambiental, ou biodegradáveis, nas atividades de limpeza da edificação. Treinamento de usuários e responsáveis pelo funcionamento da edificação visando o uso adequado das instalações de tratamento das águas residuárias.
5	Atendimento ao nível 0 e 3. Apresentação do plano de monitoramento ambiental com comprovação de impacto nulo ocasionado pelas águas residuárias.

5.2.6 Cargas ambientais

F. Cargas ambientais	Pesos das versões	
	Máxima	Mínima
	38,41%	35,20%
F.1. Impacto das emissões atmosféricas relacionadas ao ciclo de vida da edificação.	Pesos das versões	
	Máxima	Mínima
	29,22%	35,20%

Definição/objetivo

Identificar e minimizar a quantidade de poluentes atmosféricos e particulados liberados no ambiente durante todo o ciclo de vida da edificação.

Contexto/informações relevantes

A construção civil é apontada como um dos setores de maior geração de cargas ambientais a atmosfera. Os materiais e sistemas construtivos que compõem a edificação podem emitir poluentes atmosféricos, particulados, entre outras substâncias nocivas (Oliveira, 2009), desde à etapa de extração dos materiais à destinação final dos resíduos.

Nesse contexto, a Análise do Ciclo de Vida mostra-se como uma ferramenta eficiente para a verificação dos impactos ambientais oriundo das cargas ambientais e posterior proposição de melhorias. Embora relativamente

complexa para o uso por não especialistas, a LCA pode contribuir para quantificação das potenciais emissões de poluentes ao longo do ciclo de vida da edificação (Bragança e Mateus, 2011).

No contexto antártico, há limitações com relação à disponibilidade de dados representativos relacionados aos materiais construtivos, o que pode eventualmente tornar a avaliação questionável (Reis e Alvarez, 2015). Assim, entendendo a dificuldades de mensuração dos impactos para avaliação do indicador, as marcas de referência foram elaboradas considerando os conceitos gerais do que foi classificado como uma boa prática no quesito, podendo futuramente ser aprimorado, a partir do resultado de estudos específicos. Destaca-se ainda que neste item estão sendo consideradas somente as emissões inerentes à edificação, visto que o cálculo de emissões relacionados às necessidades complementares – como por exemplo, o uso de veículos movidos a combustível fóssil – não estão relacionados às decisões projetuais.

Fontes de informação

- ▶ Projeto arquitetônico executivo;
- ▶ Memorial descritivo com especificação técnica dos materiais; e
- ▶ Banco de dados LCA.

Marcas de referencia

Pontuação	Desempenho associado
-1	A edificação não foi planejada considerando os impactos ambientais relacionados à emissão de poluentes durante o ciclo de vida da edificação.
0	Especificação de materiais e elementos construtivos de baixa emissividade, que foram testados e classificados por programas de certificação reconhecidos. Previsão de setorização dos ambientes de acordo com a potencial produção/emissão de poluentes atmosféricos ou particulados.
3	Atendimento ao nível 0. Planejamento da edificação de forma a impedir a entrada de poluentes oriundos dos equipamentos e veículos movidos a combustão. Elaboração de plano que demonstre a redução dos poluentes e particulados liberados no ambiente por meio de estratégias projetuais e especificação de materiais, elementos construtivos e equipamentos necessários ao funcionamento da edificação.
5	Atendimento ao nível 3. Entrega do inventário LCA contendo a quantidade estimada de poluentes liberados pelos materiais e elementos construtivos da edificação. Elaboração do plano de monitoramento de poluentes e particulados considerando todo o ciclo de vida da edificação.

F.2. Medidas para assegurar que os procedimentos de manutenção gerem o mínimo de COV	Pesos das versões	
	Máxima	Mínima
	9,19%	-

Definição/objetivo

Projetar a edificação de forma a promover a diminuição da emissão de poluentes e particulados durante os procedimentos de manutenção.

Contexto/informações relevantes

Os Compostos Orgânicos Voláteis (COV) caracterizam-se por serem compostos orgânicos com ponto de ebulição entre 50° a 260°C, que podem ser originados de processos naturais ou antropogênicos. Diante do grande número de substâncias classificadas como COV, observa-se a insuficiência de índices ou métricas que permitam a quantificação dos níveis ideais desses compostos na Antártica (Pagel et al., 2015).

No entanto, considerando que as fontes mais comuns de COV em uma edificação são os materiais de acabamento, produtos usados na etapa de manutenção das edificações e mobiliários (Mateus, 2009; Pagel et al., 2015), foram estabelecidas como métricas de desempenho a adoção de medidas que visam a redução ou eliminação da emissividade de COV ao longo do ciclo de vida da edificação, com especial direcionamento à especificação de materiais e aos procedimentos de manutenção.

Fontes de informação

- ▶ Projeto arquitetônico executivo;
- ▶ Memorial descritivo; e
- ▶ Caderno de especificações técnicas dos materiais.

Marcas de referencia

Pontuação	Desempenho associado
-1	A escolha dos materiais e componentes da edificação não foi feita considerando a emissão de COV nas etapas de construção e de operação.
0	Especificação de materiais e elementos construtivos de baixa emissividade, que foram testados e classificados por programas de certificação reconhecidos. Adoção de materiais e elementos construtivos que impeçam o crescimento de fungos e bactérias, bem como evitar a seleção de materiais fibrosos, porosos e/ou que favoreçam o acúmulo de umidade.

Continua

Pontuação	Desempenho associado
3	<p>Atendimento ao nível 0.</p> <p>Elaboração do plano de manutenção preventiva e higienização de filtros e sistemas de climatização.</p> <p>Adoção de materiais e elementos construtivos com necessidade mínima de manutenção preventiva e possibilidade de higienização cotidiana com substâncias que não produzam COV.</p> <p>Desenvolvimento do plano de treinamento para usuários e para a equipe responsável pelo funcionamento e manutenção da edificação, considerando ações que visem a diminuição das emissões de COV.</p> <p>Elaboração de plano que comprove a redução dos COVs liberados no ambiente por meio de estratégias projetuais e especificação de materiais e elementos construtivos.</p>

5.3 Apresentação dos resultados

A apresentação dos resultados da ferramenta encontra-se na última aba do arquivo Excel, onde estão localizados as categorias e indicadores com os respectivos pesos obtidos durante a etapa de avaliação, conforme exemplificado na **Figura 19**.

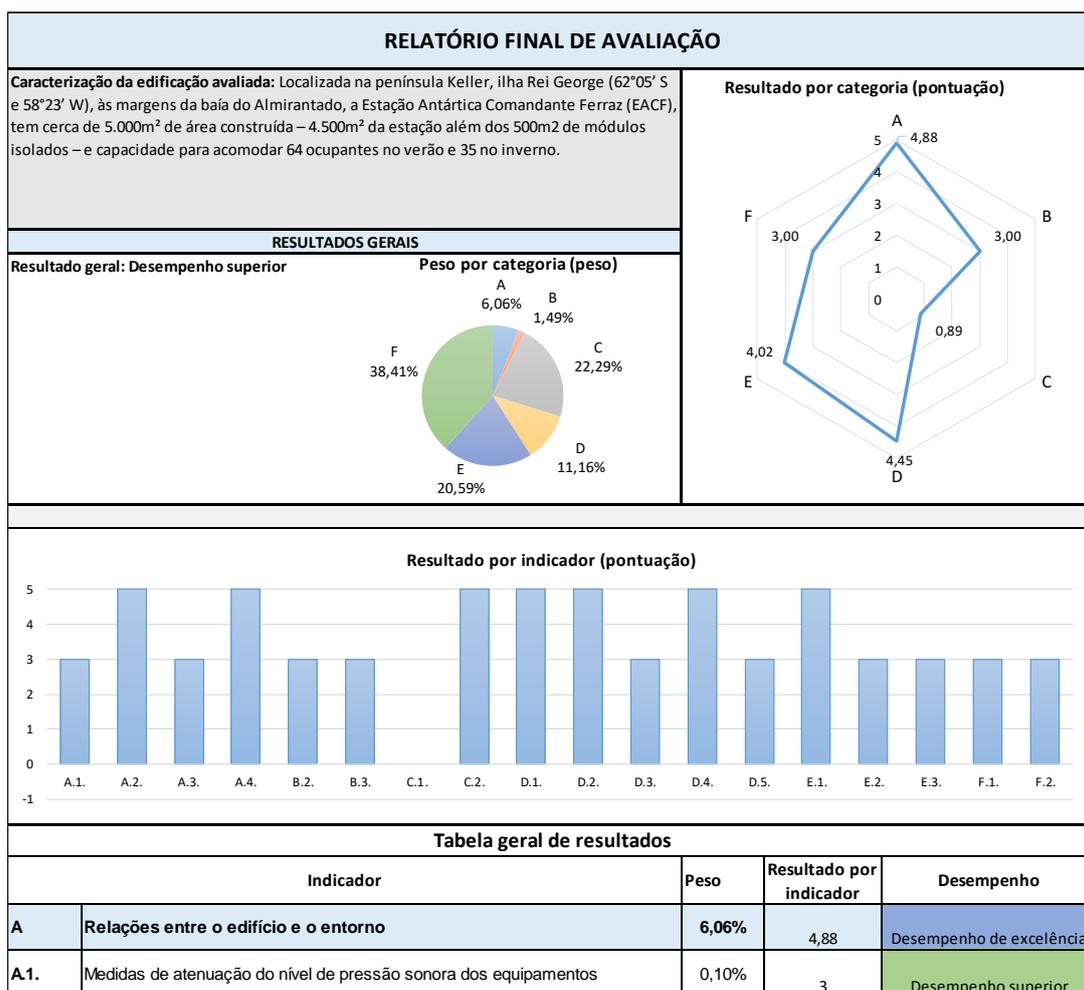


Figura 19. Exemplo de apresentação do relatório com a síntese dos resultados obtidos no uso da ferramenta

É de conhecimento comum entre os estudiosos e profissionais da área que os sistemas de avaliação da sustentabilidade utilizam escalas de desempenho para facilitar a comunicação dos resultados. Da mesma maneira, na ferramenta foram inseridos, junto ao quadro de pesos, as escalas de referência do desempenho final e das categorias.

Além das escalas de desempenho, foram dispostos gráficos em pizza, com os pesos das categorias; em barras, com resultados individuais dos indicadores; e o radar, utilizado no SBTool para delimitação do desempenho das categorias seguindo os níveis -1, 0, 3 e 5.

6 APLICAÇÃO DA FERRAMENTA: ESTUDO DE CASO NA ESTAÇÃO ANTÁRTICA COMANDANTE FERRAZ

Considerando a necessidade de verificação da aplicabilidade da ferramenta proposta e, principalmente, das informações que constituem as marcas de referência, foi realizado um teste experimental da ferramenta tendo como estudo de caso a Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF). A escolha pela EACF deve-se, principalmente, por ser uma edificação recente (inaugurada em janeiro de 2020); projetada para ser uma referência internacional no que diz respeito à eficiência e desempenho ambiental; e pela facilidade de obtenção de dados junto ao Programa Antártico Brasileiro – PROANTAR, responsável por todas as etapas, desde a elaboração do Termo de Referência para a contratação do projeto (Instituto dos Arquitetos do Brasil, 2013) até a etapa de manutenção e operação da edificação.

Para uma melhor compreensão do conteúdo apresentado, este capítulo foi organizado considerando inicialmente o histórico e a descrição da EACF e, posteriormente, a discussão dos resultados considerando a aplicação da ferramenta.

6.1 A Estação Antártica Comandante Ferraz – EACF

6.1.1 Antecedentes

Foi no dia 6 de fevereiro de 1984 que o Brasil estabeleceu a primeira – e até hoje, a mais importante – estação científica na Antártica. Localizada na península Keller, ilha Rei George (62°05'S e 58°23'W), às margens da baía do Almirantado, essa era composta inicialmente por apenas 8 módulos metálicos que totalizavam cerca de 150m² e abrigavam 12 pessoas durante o verão antártico. Mesmo com tamanho reduzido, a estação representava o início das pesquisas científicas brasileiras no continente e o aval para a participação do Brasil como membro consultivo do Tratado da Antártica. Um ano depois, a estação foi ampliada para 36 módulos, possibilitando a permanência de 22 ocupantes durante o inverno e o funcionamento anual da estação. Contudo, 28 anos de atividades ininterruptas após o início das atividades científicas e com uma estrutura de mais de 2.300m², um incêndio destruiu 70% das instalações (Barbosa Junior, 2020; Alvarez, 2014).

Após o incidente, iniciaram-se os planejamentos logísticos para retirada dos escombros e, visando a continuidade das atividades científicas, foram instalados em 2013, os denominados Módulos Antárticos Emergenciais (MAE) para acomodar os cientistas até a reconstrução da estação (Alvarez, 2014; Martins et al., 2015).

Para a reconstrução da estação foi promovido um concurso público internacional de projetos com base num Termo de Referência elaborado com a participação de 26 profissionais especialistas multidisciplinares. O Termo, como principal documento norteador para o desenvolvimento do projeto, orientava os participantes do concurso às complexas exigências técnicas, bem como expressava às expectativas do PROANTAR para as novas edificações (Instituto dos Arquitetos do Brasil, 2013). Ainda, o documento teve como premissa incentivar decisões projetuais considerando, entre outros aspectos: baixo impacto ambiental; alta eficiência energética; baixo consumo de recursos naturais; reduzida necessidade de manutenção; facilidade logística; tratamento de efluentes, entre outras questões (Barbosa Junior, 2020; Alvarez, 2014). O resultado foi a construção das novas edificações da Estação Antártica Comandante Ferraz atendendo rigorosamente aos princípios da sustentabilidade.

6.1.2 Caracterização das novas edificações da EACF

O projeto ganhador do concurso tem autoria do escritório brasileiro Estúdio 41 (ver Anexo VI). No total, as edificações têm cerca de 5.000m² de área construída – 4.500m² da estação além dos 500m² de módulos isolados – e capacidade para acomodar 64 ocupantes no verão e 35 no inverno. Considerando a topografia do terreno, a edificação é composta por blocos denominados Leste, Oeste e Técnico, dispostos em diferentes níveis topográficos, e com os ambientes organizados conforme **Quadro 43**.

Quadro 43. Setorização da EACF

Bloco	Ambientes
Leste	Laboratórios, cozinha, refeitório, setor de saúde, salas de secagem e oficina.
Oeste	Superior: Dormitórios, biblioteca, academia de ginástica, sala de vídeo conferência, mini auditório. Inferior: paióis e tanques de combate a incêndio.
Técnico	Garagem e praça de máquinas.

Fonte: Caminha^b, 2020

A obra foi realizada sob a responsabilidade da empresa chinesa China National Electronics Import and Export Corporation (CEIEC) e organizada em duas fases de fabricação e pré-montagem dos sistemas estruturais e vedações na China, e duas fases de montagem e construção no continente antártico, considerando os períodos de inverno e verão. No verão de 2014/2015 foram realizados os estudos geológicos e geotécnicos. No inverno 2016, foi produzido o primeiro protótipo para testes da estação na China, dando início à fase de fabricação das edificações. No verão de 2017/2018, os módulos pré-montados, as estruturas e demais materiais foram levados para a Antártica, sendo a montagem concluída no verão de 2018/2019 (**Figura 20**). A finalização da obra e inauguração ocorreu em janeiro de 2020 (Carvalho e Chaves, 2020; Caminha^b, 2020).



Figura 20. Vista geral da obra e dos MAEs durante a construção da estação

Fonte: Mossmann (2020)

Conforme mencionado anteriormente, a EACF foi construída para ser um modelo de adequação ambiental que, associado à facilidade de obtenção de dados, justifica ter sido escolhida para o teste da ferramenta SBTool Antártica/Ambiental.

6.2 Resultados obtidos com a aplicação da ferramenta SBTool Antártica/Ambiental

Na aplicação do teste da ferramenta SBTool Antártica/Ambiental versão máxima na EACF, a estação obteve o seguinte resultado: Desempenho de excelência nas categorias “Relações entre o edifício e o ambiente”, “Materiais e sistemas construtivos” e “Resíduos”; Desempenho superior na categoria “Água” e “Cargas ambientais”; e Desempenho mínimo na categoria “Energia”. A EACF não obteve nenhuma pontuação negativa nos indicadores ou Desempenho ruim nas categorias, conforme demonstrado no **Quadro 44**.

Quadro 44. Resultados da avaliação da EACF

	Indicador	Peso	Resultado por indicador	Desempenho
A	Relações entre o edifício e o entorno	6,06%	4,88	Desempenho de excelência
A.1.	Medidas de atenuação do nível de pressão sonora dos equipamentos	0,10%	3	Desempenho superior
A.2.	Estanqueidade dos ambientes para controle de entrada/saída dos materiais biológicos e poluentes em relação ao exterior.	4,01%	5	Desempenho de excelência
A.3.	Interferência do design na paisagem e no ambiente natural	0,27%	3	Desempenho superior
A.4.	Medidas para restaurar ou manter a dinâmica original do ambiente natural	1,68%	5	Desempenho de excelência

Continua

Indicador	Peso	Resultado por indicador	Desempenho
B Água	1,49%	3,00	Desempenho superior
B.1. Técnicas de obtenção, armazenamento e distribuição da água	0,26%	3	Desempenho superior
B.2. Instalação de equipamentos economizadores de água e sistemas de prevenção de vazamentos	0,26%	3	Desempenho superior
B.3. Sistemas de reutilização de águas cinzas e negras	0,97%	3	Desempenho superior
C Energia	22,29%	0,89	Desempenho mínimo
C.1. Estratégias para redução do uso de geradores de energia à base de combustíveis fósseis	18,31%	0	Desempenho mínimo
C.2. Eficiência energética da edificação	3,98%	5	Desempenho de excelência
D Materiais e sistemas construtivos	11,16%	4,45	Desempenho de excelência
D.1. Soluções projetuais para ampliação da vida útil e diminuição da necessidade de manutenção	3,72%	5	Desempenho de excelência
D.2. Utilização de sistema modular, pré-fabricado, flexível, adaptável e/ou de rápida execução	3,98%	5	Desempenho de excelência
D.3. Adoção de materiais de baixo impacto ambiental	2,01%	3	Desempenho superior
D.4. Gestão de materiais e embalagens de proteção	0,41%	5	Desempenho de excelência
D.5. Resistência da edificação às pressões do vento e à vibração	1,04%	3	Desempenho superior
E Resíduos	20,59%	4,02	Desempenho de excelência
E.1. Implantação de instalações para o armazenamento, triagem e descarte de resíduos sólidos	10,47%	5	Desempenho de excelência
E.2. Gestão de resíduos tóxicos	6,98%	3	Desempenho superior
E.3. Tratamento e destinação de resíduos líquidos	3,14%	3	Desempenho superior
F Cargas Ambientais	38,41%	3,00	Desempenho superior
F.1. Impacto das emissões atmosféricas relacionadas ao ciclo de vida da edificação	29,22%	3	Desempenho superior
F.2. Medidas para assegurar que os procedimentos de manutenção gerem o mínimo de COV	9,19%	3	Desempenho superior

Objetivando facilitar a visualização dos resultados e conforme recomendado na ferramenta, a **Figura 21** Apresenta os resultados do gráfico radar, destacando-se que no resultado geral, a edificação foi classificada como Desempenho Superior.

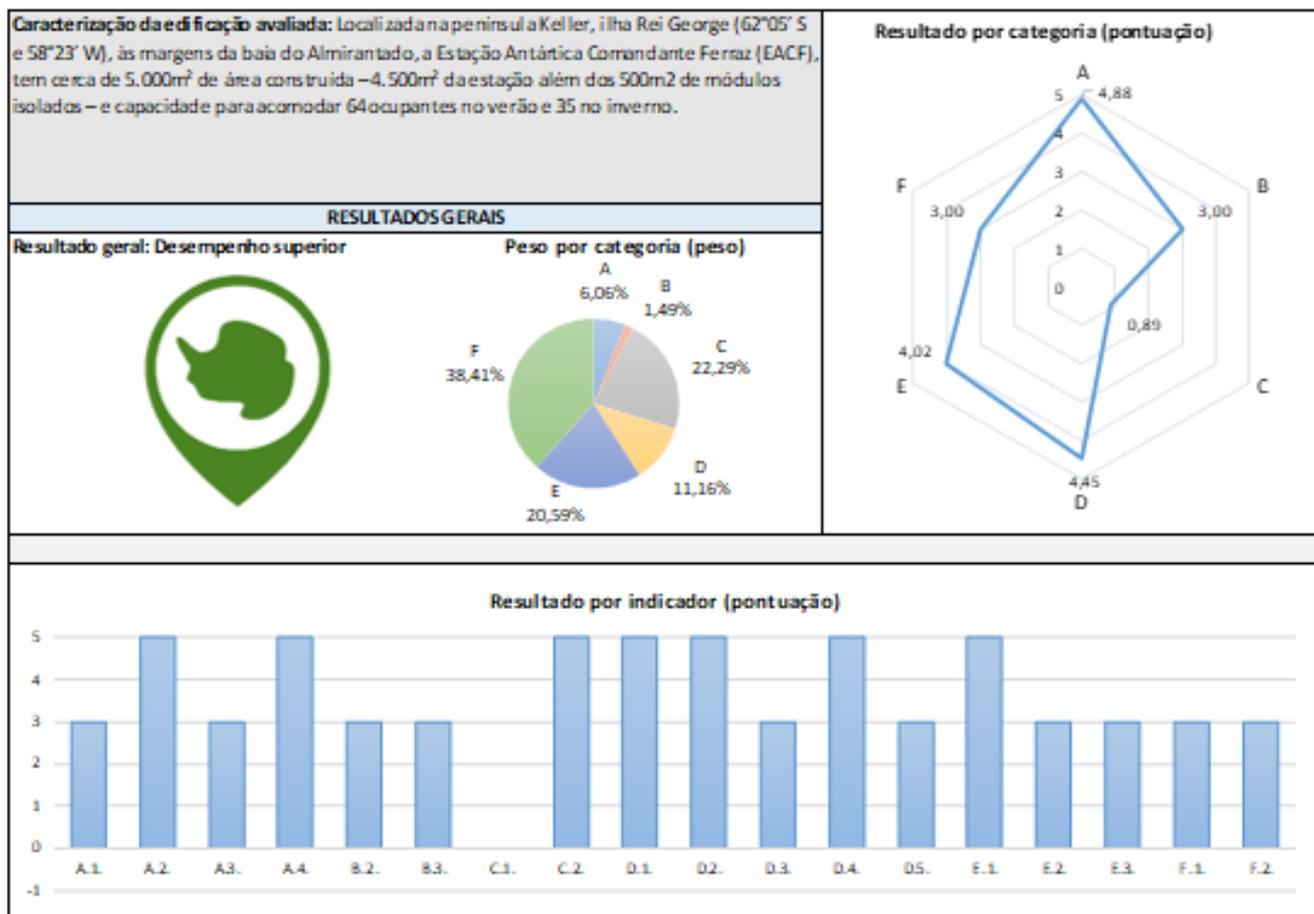


Figura 21. Resultado final pontuação por categoria e por indicador

Sobre as categorias classificadas como Desempenho de Excelência, ressalta-se a categoria “Relações entre o edifício e o ambiente” com 4,88 de pontuação. As novas edificações obtiveram pontuação de desempenho associado à melhor prática em 2 dos 4 indicadores que compõem a ferramenta no que se refere ao controle e estanqueidade dos ambientes e à preservação da dinâmica das espécies locais. Nesse sentido, ressalta-se que além dos esforços para a mínima possibilidade de derramamento de poluentes ou inserção de espécies não nativas no ambiente, a obra das novas edificações teve o acompanhamento de fiscais do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA) para monitorar à dinâmica das espécies nativas e fomentar boas práticas de prevenção à impactos ambientais durante a etapa de execução da estação e pós ocupação (Caminha^o, 2020).

Anterior a execução da obra, foi elaborado o Estudo de Impacto Ambiental (EIA), que contemplava procedimentos de segurança e mitigação de impactos ambientais. No EIA desenvolvido foram apresentados o programa de monitoramento dos efluentes, da fauna e flora, de gerenciamento de resíduos sólidos, entre outros (Brasil, 2019).

Apesar de todo preparo para o bom andamento das atividades, nos registros de obra constam alguns aspectos que depõem contra o desempenho esperado da obra, tais como a queda de um contêiner no mar, devido às

condições climáticas adversas; e a supressão de musgos para a implantação da área de pouso de helicópteros. Ambos impactos foram imediatamente reparados, sendo o contêiner retirado do mar e, com relação aos musgos, para que a vegetação não fosse perdida, essa foi transplantada para outro local e monitorada para garantir a sua adaptação e continuidade, conforme pode ser observado na **Figura 22** (Brasil, 2019). Destaca-se que tal procedimento foi experimental, cujos bons resultados permitiram uma ampliação do conhecimento sobre o assunto.



Figura 22. Transferência dos musgos

Fonte: Mossman (2020)

Ainda sobre os indicadores da categoria, no planejamento da EACF, além do respeito às orientações propostas no Zoneamento Ambiental de Uso (Alvarez et al., 2004), como o distanciamento das áreas de interesse ambiental, observa-se que o projeto foi desenvolvido considerando a pouca necessidade de movimentação do solo em sua condição original. Em concordância com as recomendações do indicador “Interferência do design na paisagem e no ambiente natural”, as novas edificações não extrapolaram os limites de altura das superfícies elevadas na região, bem como foi projetada por blocos adaptáveis à topografia, edificados em diferentes níveis, conforme pode ser observado na **Figura 23** (Estúdio 41, 2020).



Figura 23. Vista lateral da EACF
Estúdio 41 (2020)

Na categoria “Resíduos”, sobre a pontuação 4,02, destaca-se o valor máximo adquirido no indicador E.1. “Implantação de instalações para o armazenamento, triagem e descarte de resíduos sólidos” diante da otimização dos materiais levados à Antártica, da rigorosa coleta de resíduos da etapa de ocupação da edificação e do treinamento dos usuários e operários da obra para domínio da classificação, armazenamento e retirada dos resíduos. Tanto na etapa de construção como de operação da EACF, os resíduos são separados, minimamente em: orgânicos; papéis; metais; pilhas e aerossóis; vidros e plásticos. Os resíduos passíveis de reciclagem são compactados, embalados e enviados ao Brasil (Caminha^A, 2020), assim como os reaproveitáveis, que não são compactados mas que também retornam ao Brasil.

Ainda na categoria, sobre as águas residuárias, a EACF conta com sistema de esgotamento sanitário com separação das águas cinzas e negras sendo classificadas como águas negras, aquelas proveniente de bacias sanitárias e lavagens de filtros; e águas cinzas, às proveniente de lavatórios, duchas, cozinha e lavanderia. Tal separação permite o tratamento e posterior utilização das águas de reuso para bacias sanitárias e limpeza de espaços técnicos, embarcações, maquinários e veículos (Carvalho; Chaves, 2020; Afaconsult, 2013).

Sobre o indicador E.2. “Gestão de resíduos tóxicos”, observa-se que foram atendidas duas das três ações que compõem a melhor prática, no qual apenas a marca “Não produção de resíduos tóxicos” não foi atendida. Considerando a especificidade e o valor ambiental da Antártica, as marcas de referência desse indicador foram elaboradas de forma rigorosa e devem permanecer conforme proposto.

Na categoria “Água”, sobre o conteúdo do indicador B.1. “Técnicas de obtenção, armazenamento e distribuição da água” ressalta-se que o abastecimento da estação é realizado por meio da captação da água dos lagos de

degelo, denominados Lago Norte e Lago Sul, além da instalação de tanques de degelo como fonte alternativa para uso em situações de emergência. Em todos os sistemas estão previstos processos de filtração e tratamento visando garantir o atendimento aos padrões mínimos de potabilidade da água (Afaconsult, 2013).

O Desempenho de excelência (4,45 pontos) obtido na categoria “Materiais e sistemas construtivos” teve como base a pontuação dos indicadores “Soluções projetuais para ampliação da vida útil e diminuição da necessidade de manutenção” com 5 pontos; além de “Utilização de sistema modular, pré-fabricado, flexível, adaptável e/ou de rápida execução”, “Adoção de materiais de baixo impacto ambiental” e “Resistência da edificação às pressões do vento e à vibração” com 3 pontos.

Ressalta-se que a EACF foi planejada e executada considerando materiais e sistemas duráveis, resistentes, seguros, visando a facilidade e rapidez de execução, redução do consumo de recursos naturais e da geração de resíduos, além da mínima necessidade de manutenção (INSTITUTO..., 2013). Nesse sentido, como boa prática destaca-se que, enquanto ocorria a execução da fundação da EACF na Antártica, na China a empresa executora fazia a fabricação e posterior pré-montagem dos sistemas estruturais e dos contêineres que constituem os blocos da edificação, conforme pode ser observado na **Figura 24** (Caminha^a, 2020).



Figura 24. Pré-montagem do bloco Leste na China

Fonte: Brasil (2019)

Essa prática visava diminuir as chances de ocorrência de imprevistos, garantir a estabilidade, prevenção de acidentes ou geração de resíduos durante a montagem na Antártica e a otimização dos materiais levados ao

continente. A pré-montagem favoreceu a execução de ajustes necessários e a identificação de dificuldades logísticas (Brasil, 2019).

Sobre as questões logísticas, como um dos pontos primordiais para o planejamento da EACF, destaca-se a construção de um píer temporária para favorecer a agilidade no desembarque dos materiais. Após a finalização das obras, o píer desmontado e retirado.

Um aspecto de grande importância no planejamento das novas edificações da EACF foi o Sistema de Gestão Técnica Centralizada (SGTC) que possibilita o monitoramento e o acesso aos relatórios de manutenção preventiva e de anomalias para gestão remota. Cabe destacar também que diante dos fortes ventos, foram instalados na estrutura principal sensores para acompanhamento do comportamento da estrutura da estação (Brasil, 2019). Como essas ações não estão representadas nas marcas de referência dos indicadores de durabilidade, sugere-se o acréscimo do conteúdo “Instalação de dispositivos para monitoramento remoto da manutenção preventiva e de anomalias” e “Instalação de sensores para monitoramento do desempenho estrutural” nos níveis +5 de desempenho associado dos indicadores.

Com relação à manutenção preventiva e à operação da edificação, ressaltam-se os sucessivos treinamentos teóricos e práticos dos militares responsáveis para domínio dos sistemas e equipamentos da estação, como forma de solucionar a carência de mão de obra especializada na Antártica (Brasil, 2019).

Como pontos de atenção à EACF, tem-se o indicador D.4. “Gestão de materiais e embalagens de proteção”, sobre gestão de embalagens. Apesar de não ter sido apresentada a quantificação do volume de embalagens reaproveitadas, acredita-se que o indicador alcançaria o valor máximo de desempenho, seja pelo uso inteligente de containers – usados no transporte e aproveitados na edificação –, seja no dimensionamento e forma de acomodação dos elementos construtivos buscando otimizar os espaços e reduzir a quantidade de volume. Nesse sentido, foram desenvolvidos estudos específicos que contaram com etapas de planejamento prévio, simulação e pré-montagem na China, observando ainda que o custo do transporte de todo o material e equipamentos da China para a Península Keller na Antártica foi um dos itens mais onerosos da planilha de custos final.

Na categoria “Energia”, outro ponto de atenção é o indicador C.1. “Estratégias para redução do uso de geradores de energia a base de combustíveis fósseis”. Embora o sistema energético da EACF tenha sido projetado visando a obtenção do máximo de eficiência, contando com a geração de energia híbrida; com sistema de *Smart Grid* para o gerenciamento da energia (oferta e demanda); sistema de armazenamento de energia e estudos buscando a eficiência energética (Silva, 2020), o indicador obteve o Desempenho mínimo (equivalente a zero), diminuindo a pontuação geral da categoria. Tal resultado deve-se, principalmente, ao não

atendimento ao primeiro item no desempenho associado ao nível 3 “Uso de sistemas renováveis como fonte primária de energia e uso de geradores à base de combustíveis fósseis como fonte secundária de energia”. A EACF não utiliza sistemas de energia renováveis como fonte primária, e sim modais energéticos solares e eólicos como sistemas adicionais e integrados aos geradores à diesel (Silva, 2020).

Nesse sentido, é necessário destacar que apesar dos sistemas de energia renováveis não se tratar da fonte primária de energia da estação, as estratégias adotadas na EACF contribuíram para atendimento ao objetivo do indicador, ou seja, a redução do consumo de combustíveis fósseis. De forma comparativa, Silva (2020) afirma que a EACF, com área 640% superior aos MAEs, apresentou um aumento de apenas de 5% no consumo de óleo diesel, enfatizando a eficácia das estratégias adotadas com relação à otimização do consumo de combustível.

Uma vez que o objetivo do indicador foi cumprido, acredita-se que o desempenho associado ao nível 3 deveria passar por alteração para abranger as boas práticas relacionadas ao uso ambientalmente responsável dos geradores. Assim, sugere-se a substituição do item para “Suprimento de pelo menos 50% da energia necessária da edificação a partir de fontes de energia renováveis” e “Apresentação de estratégias para diminuição do consumo de combustíveis fósseis dos geradores de energia”. Essas estratégias poderiam contemplar: a instalação de microrede (*Microgrid*) e fora da rede (*off-grid facility*); o uso de sistemas de cogeração CHP – citado no nível 3 – para resfriamento dos motores ou interação com os sistemas de abastecimento de água quente; o revezamento de sistemas e/ou geradores conforme a demanda energética do setor; controle automatizado e remoto; e o estabelecimento de rotinas de manutenção (Silva, 2020).

No que se refere às fontes de energia renováveis da estação, as boas práticas analisadas foram: no modal solar com a instalação na vertical para o melhor aproveitamento da radiação solar incidente, (**Figura 25**); e no modal eólico observou-se o aproveitamento da energia cinética e a resistência aos fortes ventos, permitindo impactos superiores à 252km/h (Silva, 2020).



Figura 25. Posicionamento dos painéis solares

Fonte: Silva, 2020

Sobre o indicador C.2. “Eficiência energética da edificação” o nível 5 foi alcançado diante da comprovação de eficiência dos sistemas de cogeração, da elevação da estrutura, da instalação de sucessivas camadas de materiais termicamente isolantes e da configuração dos setores e layout para diminuir o consumo energético, conforme funcionamento da edificação (Brasil, 2019; Carvalho e Chaves, 2020) permitindo, inclusive, o fechamento e não condicionamento térmico de conforto das alas não utilizadas durante o inverno.

Ainda, na categoria energia, ressalta-se a utilização de lâmpadas LED de alta performance, automação e controle de iluminação interna das áreas comuns e externa, além da centralização do sistema possibilitando a rápida identificação e correção de falhas (Silva, 2020).

Sobre as estratégias para redução da emissão de poluentes e particulados, ressalta-se que no Termo de Referência para a elaboração do projeto da EACF, já haviam recomendações para controle e utilização de tecnologias eficientes com base no conceito *Best Available Control Technology* (BACT). Aos participantes do concurso foi orientada para a preferência pela seleção de materiais com baixa emissividade com relação aos compostos orgânicos voláteis, particulados, e gases de efeito estufa ao longo da vida útil da edificação.

Em concordância com o exposto, no memorial descritivo do projeto há a especificação de materiais, principalmente revestimentos, isento de solventes e de baixa emissividade. Ainda, há publicações que evidenciam a redução das principais fontes de poluentes por meio de decisões projetuais que envolvem a

setorização dos espaços, a especificação de materiais, sistemas construtivos e equipamentos de baixa emissividade, além de técnicas para impedir a entrada de poluentes e favorecer a renovação do ar (Pagel et al., 2015), permitindo a obtenção do nível 3 de desempenho.

No que se refere à geração de COV, foram estabelecidos como diretrizes para EACF a especificação de materiais e revestimento de baixa ou zero emissividade, ressaltando-se para a não utilização de vernizes, resinas ou colas. Para tanto, foram seguidas as diretrizes do “*Rule 1168 - SCAQMD – South Coast Air Quality Management District*” para controle dos limites de emissividade (Pagel et al., 2015).

Por fim, ressalta-se a ideia que “não se pode pretender para as áreas ocupadas pelo Brasil na Antártica a utopia do impacto nulo, no entanto, as medidas adotadas de controle e redução de impacto naquela região podem vir a se tornar uma importante fonte multiplicadora de ações em locais semelhantes” (Alvarez e Souza, 2004, p.8). Em concordância com o exposto, com a aplicação do teste experimental na EACF, foi possível propor aprimoramentos na ferramenta SBTool Antártica/Ambiental e, possivelmente, fomentar ações mais sustentáveis no continente. As alterações propostas foram organizadas e atualizadas no arquivo Excel disponibilizado em domínio público.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados obtidos, foi possível concluir que a ferramenta de avaliação ambiental proposta, quando alicerçada no conteúdo da legislação antártica, considerando o conhecimento técnico dos pesquisadores antárticos e interpretando as atividades da construção civil já executadas no continente, serve de suporte para as tomadas de decisões na etapa de planejamento e projetos como um instrumento de fomento às boas práticas sustentáveis.

A análise do conteúdo que compõe os dados internos da ferramenta, a partir do uso da ferramenta na etapa de planejamento de novas edificações antárticas, pode incentivar o desenvolvimento de tecnologias inovadoras e a ampliação do interesse na execução de edificações de baixo impacto ambiental.

O resultado da pesquisa gerou uma ferramenta com 19 indicadores ambientais com abordagem teórica completa e contemplou seus respectivos pesos. Observa-se que o número de indicadores se deve às especificidades da Antártica e ao interesse mundial na forma como deve ocorrer a presença humana no local. Desta maneira, entende-se como natural que a quantidade de indicadores para áreas de interesse e proteção ambiental deva ser superior à quantidade de indicadores normalmente adotados nas ferramentas de avaliação para meios urbanos convencionais, como efetivamente ocorreu.

Considerando que o teste experimental realizado tendo como estudo de caso a EACF cujos resultados foram compatíveis com o seu reconhecimento no meio científico e que todas as marcas de referência foram passíveis de serem aplicadas, pode-se confirmar a hipótese inicial levantada, constatando-se que o instrumento desenvolvido com base na ferramenta SBTool tem potencial de adaptação e contribuição para avaliações de sustentabilidade na dimensão ambiental em edificações antárticas.

Destaca-se ainda que as etapas definidas na metodologia permitiram o contínuo aperfeiçoamento dos componentes da ferramenta, observando-se que da fase inicial de seleção dos indicadores ao resultado do teste experimental da EACF foram desenvolvidos ajustes, seja nos conceitos, objetivos, estrutura ou nos desempenhos associados.

No decorrer desse processo ocorreram situações não previstas inicialmente. A exemplo, ressalta-se a não realização do teste piloto da ferramenta por parte dos pesquisadores, optando-se pela contribuição dos especialistas no auxílio à estruturação da ferramenta. Tal estratégia teve como objetivo identificar se a ferramenta aborda as questões mais relevantes de cada área do conhecimento bem como avalia se os indicadores são apresentados com clareza. Também foi identificado que a maioria dos respondentes possui conhecimento limitado em temas que não estejam relacionados às suas áreas de atuação, podendo ocasionar

numa avaliação equivocada no estudo de caso. Considerando ainda o tempo necessário para o pesquisador/especialista realizar a avaliação solicitada de forma criteriosa, a pesquisa foi disponibilizada por mais tempo que o previsto inicialmente, porém com resultados satisfatórios para realizar os aprimoramentos sugeridos.

Em função dos resultados obtidos, pode-se afirmar que o método utilizado para a obtenção dos resultados colaborou para o cumprimento do objetivo da pesquisa. Os fatores específicos do continente, bem como as informações obtidas no Protocolo de Madri e nos documentos referenciais utilizados influenciaram diretamente na seleção e definição dos pesos dos indicadores, e inclusive, podem servir como diretrizes projetuais para o projeto de novas edificações na Antártica.

Em síntese, pode-se afirmar que os objetivos da tese foram alcançados, uma vez que:

- ▶ A ferramenta de avaliação foi obtida com base na adaptação do SBTool, no qual os condicionantes ambientais e legais, fatores limitantes e potencialidades foram elementos fundamentais em todas as etapas metodológicas;
- ▶ Os indicadores propostos foram avaliados, aprimorados e testados, comprovando a exequibilidade da ferramenta; e
- ▶ A ferramenta de avaliação ambiental foi desenvolvida, disponibilizada em domínio público e serve como contribuição para a elaboração de edificações mais sustentáveis na Antártica.

Como contribuição para o meio científico, além dos resultados obtidos, os procedimentos adotados mostraram-se flexível, podendo ser adaptável para outras áreas de preservação e interesse ambiental ou situações semelhantes.

Na busca de informações para a proposição da ferramenta, foram observadas falhas preocupantes no processo de avaliação de impacto ambiental (EIA), provavelmente oriundas da falta de uma equipe de profissionais com formação adequada para a desejável avaliação interdisciplinar ou que tivessem instrumentos claros para realizar o processo de forma segura e igualitária. Assim, acredita-se que a ferramenta proposta pode servir de instrumento técnico e político no auxílio ao Comitê Consultivo do Protocolo de Madri e ao COMNAP para o aprimoramento do processo de avaliação ambiental. Nesse sentido, pretende-se apresentar o conteúdo ao Comitê Consultivo do Protocolo de Madri como forma de contribuir para a formulação dos procedimentos de apoio à atualização do conteúdo do Protocolo e da correlação entre a legislação e a ferramenta desenvolvida.

A ferramenta de avaliação é uma proposta inicial, mas de aplicação imediata para o planejamento de edificações antárticas direcionada à dimensão ambiental. Embora as dimensões sociais e econômicas não

tenham a mesma relevância dada para a avaliação de sustentabilidade nos meios urbanos tradicionais, para a completude da ferramenta sugere-se, em trabalhos futuros, o desenvolvimento de estudos para a inclusão de ambas dimensões. Ainda, diante do natural desenvolvimento científico e tecnológico, recomenda-se a atualização e revisão periódica das soluções sugeridas na presente pesquisa. Os procedimentos metodológicos aplicados na etapa de desenvolvimento da ferramenta podem ser testados e utilizados em trabalhos futuros no processo de aprimoramento da ferramenta.

Durante a elaboração do SBTool Antártica/Ambiental, a complexidade de abordar a sustentabilidade, mesmo que apenas na dimensão ambiental, no último continente ficou ainda mais evidente. Os desafios que envolveram o desenvolvimento do trabalho estavam fortemente relacionados com a multidisciplinaridade da temática, ressaltando-se que, numa área de preservação e proteção ambiental associado ao interesse científico, nenhuma questão pode ser ignorada ou negligenciada.

Por fim, espera-se que o presente trabalho sirva como um eficaz instrumento para aprimoramentos da legislação de avaliação e preservação do ambiente natural, além de fomentar o desenvolvimento de edificações antárticas mais sustentáveis e, conseqüentemente, promover a continuidade das pesquisas científicas na Antártica.

8 REFERENCIAS

- Ali, H. H., Al Nsairat, S. F. 2009. Developing a green building assessment tool for developing countries – Case of Jordan. *Building and Environment*, 44, p. 1053–1064.
- Al-Jebouri, M. F., Saleh, M. S., Raman, S. N., Rahmat, R. A. A. B. O., Shaaban, A. K. 2017. Toward a national sustainable building assessment system in Oman: Assessment categories and their performance indicators. *Sustainable Cities and Society*, 31, 122-135.
- Altomonte, S., Rutherford, P., Wilson R. 2014. Human factors in the design of sustainable built environments. *Intelligent Buildings International*, 7:4, p. 224-241. DOI: 10.1080/17508975.2014.970121.
- Alvarez, C. E. 1995. *Arquitetura na Antártica: ênfase nas edificações brasileiras em madeira*. Dissertação de mestrado da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAU/USP), São Paulo.
- Alvarez, C. E. 2007. *Tecnologia de Edificações In: O Brasil e o meio ambiente antártico*. 2 ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p. 126-131.
- Alvarez, C. E. de, Souza, H. T. 2004. *Prevenção da Poluição na Ilha Rei George - Antártica In: 20º Congresso Nacional de Transportes Marítimos, Construção Naval e Offshore*. Rio de Janeiro. Anais da SOBENA. Rio de Janeiro: Sobena.
- Alvarez, C. E., Vargas, P. S. P., Fukai, F. M., Accarino, L. S., Oliveira, M. R., Salvador, R. M. 2013 . *As novas estações antárticas e a busca pela otimização dos sistemas construtivos e maior eficiência energética*. Encontro Latinoamericano de Edificações e Comunidades Sustentáveis. DOI: 10.12702/978-85-89478-40-3-a032.
- Alvarez, C. E., Casagrande, B., Cruz, D. O., Soares, G. R. 2004. *Proposta de Zoneamento Ambiental de uso na área do entorno da Estação Antártica Comandante Ferraz, Península Keller, Antártica*. In: XV RAPAL - Reunion de Administradores de Programas Antárticos Latinoamericanos, 2004, Guayaquil. Anais da XV RAPAL. Guayaquil: Programa Antártico Ecuatoriano, 2004. p. 1-8.
- Alvarez, C.E., 2014. *Edificações na Antártica*. In: *Antártica, 2048: Mudanças Climáticas e Equilíbrio Global*. 1 ed. MarinaBooks, São Paulo, pp. 98–113.
- Alyami, S., Rezgui, Y. 2012. Sustainable building assessment tool development approach. *Sustainable Cities and Society*, 5, p. 52-62.
- Ameen, R. F. M., Mourshed, M., Li, H. 2015. A critical review of environmental assessment tools for sustainable urban design. *Environmental Impact Assessment Review*. 55, p. 110–125. DOI: 10.1016/j.eiar.2015.07.006.

Andrade, J., Bragança, L. 2016. Sustainability assessment of dwellings – a comparison of methodologies. Civil Engineering and Environmental Systems. p. 1029-0249.

Antarctic Treaty Consultative Meeting (ATCM). 2005. Final Report of the Twenty-Eighth Meeting. Buenos Aires: Antarctic Treaty Secretariat, 2005, p. 700; ISBN 987-22458-1-9

Antarctic Treaty Consultative Meeting (ATCM). 2016. Final Report of the Thirty-ninth Antarctic Treaty Consultative Meeting. Santiago: Antarctic Treaty Secretariat. ISBN (complete work): 978-987-4024-18-3.

Antarctic Treaty Consultative Meeting (ATCM). 2016. Guidelines for Environmental Impact Assessment in Antarctica. Resolution 1.

Awadh, O. 2017. Sustainability and green building rating systems: LEED, BREEAM, GSAS and Estidama critical analysis. Journal of Building Engineering, 11, 25-29.

Banani, R., Vahdati, M. M., Shahrestani, M., Clements-Croome, D. 2016. The development of building assessment criteria framework for sustainable non-residential buildings in Saudi Arabia. Sustainable Cities and Society, 26, 289-305.

Baratella, P. 2011. Análise do desenvolvimento de indicadores para avaliação de sustentabilidade de edifícios brasileiros. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

Barbosa J. 2020. A ativa e atuante presença do Brasil na Antártica. Estação Comandante Ferraz: A casa do Brasil na Antártica. Lisbela editor: Brasília.

Belgian Science Policy, 2006. Construction and operation of the new Belgian research station, dronning maud land, Antarctica. In: Draft Comprehensive Environmental Evaluation.

Bastmeijer, K., Roura, R., 2008. Environmental impact assessment in Antarctica. In: KeesBastmeijer, Timo Koivurova (Ed.), Theory and Practice of Transboundary Environmental Impact Assessment.

Bissoli-Dalvi, M. 2014. ISMAS – A sustentabilidade como premissa para a seleção de materiais. Tese de Doutorado em Arquitetura e Urbanismo. Facultad de Arquitectura, Construcción y Diseño, Universidad del Bío-Bío, Concepción/Chile, 2014.

Bragança L., Mateus, R. 2006. Sustentabilidade de soluções construtivas. Congresso sobre Construção Sustentável, Portugal.

Bragança, L., Mateus, R., Koukkari, H. 2010. Building Sustainability Assessment. Sustainability. 2, 2010-2023. doi:10.3390/su2072010

Brasil. 2019. DT03. XXX Reunion de Administradores de Programas Antárticos Latinoamericanos (RAPAL).

BREEAM. 2018. Building Research Establishment Environmental Assessment Method. BRE Environmental & Sustainability Standart. [S.l.]: Global.

British Antarctic Survey. 2007. Proposed Construction and Operation of Halley VI Research Station and Demolition and Removal of Halley V. Final Comprehensive Environmental Evaluation, Brunt Ice Shelf, Antarctica.

Brooks, S., Jabour, J., Sharman Andy J. e Bergstrom Dana M. 2018. An analysis of environmental incidents for a national Antarctic program. Journal of Environmental Management, Volume 212, 2018, 340-348, ISSN 0301-4797. DOI: 10.1016/J.JENVMAN201802024.

Brooks, S., Jabour, J., Bergstrom, D. 2018. What is 'footprint' in Antarctica: Proposing a set of definitions. Antarctic Science, 30(4), 227-235. DOI:10.1017/S0954102018000172.

Caminha, E. 2020. A estação ferraz, dia a dia. In: Estação Comandante Ferraz: A casa do Brasil na Antártica. Lisbela editor: Brasília.

Caminha, E. 2020. Antártica – A terra de ninguém, future de todos. In: Estação Comandante Ferraz: A casa do Brasil na Antártica. Lisbela editor: Brasília.

Carvalho, N. F., Chaves, C. L. 2020. Um breve histórico da construção da nova Estação Antártica Comandante Ferraz. Revista Obras Civis v. 9 n. 1.

Casagrande, B. Alvarez, C. 2013. Preparação de arquivos climáticos futuros para avaliação dos impactos das mudanças climáticas no desempenho termoenergético de edificações. Ambiente Construido, v.13, n.4, p.173-187.

CASBEE. 2014. Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency. Assessment Tool. Disponível em: <http://www.ibec.or.jp/CASBEE>. Acesso em: 28 Jul. 2014.

Castro, M. F., Mateus, R., Bragança, L. 2017. Development of a healthcare building sustainability assessment method–Proposed structure and system of weights for the Portuguese context. Journal of cleaner production, 148, 555-570.

Chen, X., Yang, H., Wang, T. 2017. Developing a robust assessment system for the passive design approach in the green building rating scheme of Hong Kong. *Journal of Cleaner Production*, 153, 176-194.

Child, J. 1988. *Antarctica and South American Geopolitics*. New York: Greenwood Press.

Christo, T. M., Fardim, J. F., Simonetti, D. S. L., Alvarez, C. E. 2011. Estação Antártica Comandante Ferraz: alternativas energéticas para sustentabilidade. In: XVIII Simpósio Brasileiro Sobre Pesquisa Antártica, São Paulo. Programa e Resumos do XVIII SBPA. São Paulo: CPA-USP, 2011. v. 1. p. 1-2.

Christo, T. M., Fardin, J. F., Simonetti, D. S. L., Alvarez, C. E. 2015. Planejamento Energético em Ambientes Extremos: Uma experiência Antártica. In: Latin-American and European Conference on Sustainable Buildings and Communities, 2015, Guimarães-Portugal. Euro-ELECS 2015 - Book of Proceedings - Volumes 1, 2 and 3. ISBN 978-989-96543-8-9. DOI: 10.13140/RG.2.1.4316.5521, 2015. p. 1105-1114.

CIB. 1999. International Council for Research and Innovation in Building and Construction (CRISP). Construction related sustainability indicators: setting targets and monitoring performance in the built environment. CIB Working Commission W82 "Future Studies in Construction". Disponível em <http://cic.vtt.fi> . Acesso em: 10 abr. 2014.

CIB. 2003. International Council for Research and Innovation in Building and Construction; United Nations Programme, International European Environment Agency - EEA. EEA Core set of indicators - Guide. Technical Report. Luxembourg.

Cole, R. J. 2010. Building Environmental Assessment in a Global Market. SB10 Seoul. International Conference on Sustainable Building Asia. P. 124 – 127.

Cole, R. J., Larsson, N. 2002. Building challenge 2002: GBTool user manual. Disponível em: http://www.iisbe.org/down/gbc2005/GBC2k2/GBC2k2_Manual_A4.pdf. Acesso em: 28 maio 2014.

Cole, R. J., Laviesciunaite, A., Valdebenito, M. J. 2014. Do Imported Building Environmental Assessment Methods Accelerate Culturally Appropriate Green Building Practices?. SB14 Barcelona.

Committee for Environmental Protection (CEP). 2017. Non-Native Species Manual. Revision. Secretariat of the Antarctic Treaty, p. 44, ISBN 978-987-4024-34-3.

Council of Managers of National Antarctic Programs (COMNAP). 2017. Antarctic Station Catalogue. ISBN 978-0-473-40409-3.

Curwell, S., Deakin, M., Symes, M. 2002. *Sustainable Urban Development*. Nova York: Taylor & Francis Group.

Darko, A., Chan, A. P., Owusu-Manu, D. G., Ameyaw, E. E. 2017. Drivers for implementing green building technologies: An international survey of experts. *Journal of cleaner production*, 145, 386-394.

DESA. 2007. United Nations Division for Sustainable Development. Department of Economic and Social Affairs. *Indicators of sustainable Development: Framework and methodologies*. DESA/DSD/2007. Background Paper 3. ed.

Ding, G. K. C. 2008. Sustainable construction: The role of environmental assessment tools. *Journal of Environmental Management*. v. 86, n. 3, p. 451–464.

Ding, Z., Fan, Z., Tam, V. W., Bian, Y., Li, S., Illankoon, I. C. S., Moon, S. 2018. Green building evaluation system implementation. *Building and Environment*, 133, 32-40.

Doan, D. T., Ghaffarianhoseini, A., Naismith, N., Zhang, T., Ghaffarianhoseini, A., Tookey, J. 2017. A critical comparison of green building rating systems. *Building and Environment*, 123, 243-260.

Du Plessis, A. 2017. *Global Water Availability, Distribution and Use*. In: *Freshwater Challenges of South Africa and its Upper Vaal River*. Springer Water. Springer, Cham. DOI: 10.1007.978-3-319-49502-61.

Erbe C., Dähne M., Gordon J., Herata H., Houser D. S., Koschinski S., Leaper R., McCauley R., Miller B., Müller M., Murray A., Oswald J. N., Scholik-Schlomer A. R., Schuster M., Van O., Ilse C., Janik V. M. 2019. Managing the effects of noise from ship traffic, seismic surveying and construction on marine mammals in Antarctica. *Journal Frontiers in Marine Science*. Volume 6. 2019.647.DOI: 10.3389/2019.00647. ISSN=2296-7745

European Union. 2017. *Environmental assessment of projects and plans and programmes*. Rulings of the court of justice of the European Union.

Fekry, D. A. A., El Zafarany, A. M., Shamseldin, A. K. M. 2014. Develop a flexible method to assess buildings hosting major sports events environmentally through the world. *Housing and Building National Research Center*. 10, p. 127–137. DOI: 10.1016/j.hbrcj.2013.07.003.

Forsberg, A., Von Malmborg, F. 2004. Tools for environmental assessment of the built environment. *Building and Environment*, 39(2), p. 223–228.

Gibberd, J. 2002. *The sustainable building assessment tool assessing how buildings can support sustainability in developing countries*. Built Environment Professions Convention. Johannesburg, South Africa.

Gibberd, J. 2003. *Building system to support sustainable development in developing countries*. SBE'03 *Tecnology and Management for Sustainable Building*.

- Glasson, J., Therivel, R., Chadwick, A., 2012. Introduction to Environmental Impact Assessment. Routledge, New York, NY978-0-415-66468-4.
- Gomes, P. F., Alvarez, C. E. 2010. Proposta de metodologia para avaliação de impacto paisagístico, com estudo de caso na Península Keller, Antártica. In: XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2010, Canela. Anais - Entac 2010.
- Gonçalves, J. C. S., Duarte, D. H. S. 2006. Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino. Ambiente Construído, v. 6, n. 4, p. 51-81.
- Goncalves, R. F., Alvarez, C. E., Soares, G. R., Pertel, M. ; Silva, G. M. da . 2007. Gerenciamento sustentável de água potável e de águas residuárias na Estação Antártica Comandante Ferraz. In: IV Encontro Nacional e II Encontro Latino-Americano Sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, 2007, Campo Grande, MS. IV ELECS. Campo Grande, MS: ANTAC, 2007. p. 1307-1316.
- Gou, Z., Xie, X. 2017. Evolving green building: triple bottom line or regenerative design? Journal of Cleaner Production, 153, 600-607.
- Gröndahl, F., Sidenmark, J., Thomsen, A. 2009. Survey of waste water disposal practices at Antarctic research stations. Polar Research, 28:2, 298-306, DOI: 10.1111/j.1751-8369.2008.00056.x.
- Australian Skills Quality Authority. 2015. Guide to developing assessment tools. Australian Government.
- Haapio, A., Viitaniemi, P. 2008. A critical review of building environmental assessment tools. Environmental Impact Assessment Review. 28 p. 469–482.
- He, Y., Kvan, T., Liu, M., Li, B. 2018. How green building rating systems affect designing green. Building and Environment, 133, 19-31.
- Hemmings, A. D., Kriwoken L. K. 2010. High Level Antarctic EIA under the Madrid Protocol: State Practice and the Effectiveness of the Comprehensive Environmental Evaluation Process. International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics 10(3): 187-208. DOI: 10.1007/s10784-010-9119-5.
- Hoogmartens, R., Van Passel, S., Van Acker, K., Dubois, M. 2014. Bridging the gap between LCA, LCC and CBA as sustainability assessment tools. Environmental Impact Assessment Review, 48, 27-33.
- IEA. 2004. World Energy Outlook. International Energy Agency, Paris, France.

International Initiative for Sustainable Building Environment (IISBE). 2016. SBTool 2015 Description. Disponível em: <http://iisbe.org/sbtool-2012>.

ISO. 2007. International Organization for Standardization ISO/ TC 59/ SC 17 - Sustainability in building construction – Sustainability indicators. Geneva.

ISO. 2011. International Organization for Standardization. ISO/ TC 59/ SC 17. ISO 21929-1 - Sustainability in building construction – Sustainability indicators –Part 1: Framework for the development of indicators and a core set of indicators for buildings: Geneva.

International Union for Conservation of Nature (IUCN). 1991. A strategy for Antarctic conservation. Cambridge: The Burkington press.

Jay, S., Jones, C., Slinn, P., Wood, C. 2007. Environmental impact assessment: Retrospect and prospect. *Environ. Impact Asses.*, 27 (4), pp. 287-300.

Kajikawa, Y., Inoue, T., Goh, T.N. 2011. Analysis of building environment assessment frameworks and their implications for sustainability indicators. *Sustain Sci.* 6, p. 233–246. DOI: 10.1007/s11625-011-0131-7.

Keeler, M., Burke, B. 2010. Fundamentos de projetos de edificações sustentáveis. Porto Alegre: Bookman.

Kibert, C. J. 2005. Sustainable construction: Green building design and delivery. New York: John Wiley & Sons Inc.

Kibert, C. J. 2016. Sustainable construction: green building design and delivery / Charles J. Kibert.—3rd ed.

Korea Polar Research Institute, 2011. Construction and operation of the Jang Bogo Antarctic research station, terra nova bay, Antarctica. In: Draft Comprehensive Environmental Evaluation.

Larsson, N. 2015. SBTool for 2015. International Initiative for a Sustainable Built Environment. Disponível em: <http://www.iisbe.org/system/files/SBTool%20Complete%2004May15.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2017.

Leaman, A., Stevenson, F., Bordass, B. 2010. Building evaluation: practice and principles. *Building Research & Information.* P. 1466-4321. DOI:10.1080/09613218.2010.495217.

Lee, W. L., Burnett, L. 2006. Customization of GBTool in Hong Kong. *Building and Environment, Hong Kong*, v.41, p.1831-1846.

- MacNaughton, P., Satish, U., Laurent, J. G. C., Flanigan, S., Vallarino, J., Coull, B., Allen, J. G. 2017. The impact of working in a green certified building on cognitive function and health. *Building and environment*, 114, 178-186.
- Martins, W. G., Alvarez, C. E. 2015. Análise de variáveis térmicas ambientais nos Módulos Antárticos Emergenciais. In: Euro Elecs 2015 - Latin american and european conference on sustainable buildings and communities, 2015, Guimarães. Connecting People and Ideas ? Proceedings of EURO ELECS 2015. Lisbon: Printed by Multicomp. v. 1. p. 199-208.
- Maslesa, E., Jensen, P. A., Birkved, M. 2018. Indicators for quantifying Environmental Building Performance: A systematic literature review. *Journal of Building Engineering*.
- Mateus, R. F. M. S. 2009. Avaliação da Sustentabilidade da construção: Propostas para o desenvolvimento de edifícios mais sustentáveis. Tese de Doutorado, Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho. Guimarães, 2009.
- Mateus, R., Bragança, L. 2011. Sustainability assessment and rating of buildings: Developing the methodology SBToolPT-H. *Building and environment*, 46(10), 1962-1971.
- Mattoni, B., Guattari, C., Evangelisti, L., Bisegna, F., Gori, P., Asdrubali, F. 2018. Critical review and methodological approach to evaluate the differences among international green building rating tools. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 950-960.
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., Behrens, W. W. 1972. *The limits to growth*. New York, 102, 27.
- Montarroyos, D. C. G., Bissoli-Dalvi, M., Alvarez, C. E., Braganca, L. 2015. Procedimentos para a definição de indicadores de sustentabilidade para construções na Antártica. In: Euro-ELECS. 2015. Latin American and European conference on sustainable buildings and communities, Guimarães. Connecting People and Ideas. Proceedings of EURO ELECS 2015. Lisbon: Printed by Multicomp, 2015. v. 3. p. 1695-1704.
- Montarroyos, D. C. G., de Alvarez, C. E., Bragança, L. 2018. Methodology for environmental assessment in Antarctic buildings. *Environmental Impact Assessment Review*, 73, 104-113.
- Montarroyos, D. C. G., de Alvarez, C. E., Bragança, L. 2018. Panorama das Avaliações de Impacto Ambiental na Antártica. In: XXIX Reunião de administradores de programas antárticos latino americanos, Brasília. Documento de Trabalho, 2018.

Morgan, R. 2012. Environmental impact assessment: the state of the art, *Impact Assessment and Project Appraisal*, 30:1, 5-14, DOI: 10.1080/14615517.2012.661557.

National Academy of Sciences of Belarus, 2015. Construction and operation of belarusian Antarctic research station at Mount Vechernyaya, Enderby land. In: Final Comprehensive Environmental Evaluation.

Nguyena, B. K., Altan, H. 2011. Comparative review of five sustainable rating systems. 2011 International Conference on Green Buildings and Sustainable Cities. *Procedia Engineering* 21, p. 376 – 386.

Oliveira, C.N. 2009. O paradigma da sustentabilidade na seleção de materiais e componentes para edificações. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Santa Catarina.

Olubunmi, O. A., Xia, P. B., Skitmore, M. 2016. Green building incentives: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 59, 1611-1621.

Pagel, E. C., Alvarez, C. E., Reis Jr., N. C. 2015. Qualidade do Ar Interno (QAI) em edificações na Antártica: identificação de fontes e estratégias de controle. (Desenvolvimento de material didático ou instrucional - vídeo educacional).

Penteado, H. M., Alvarez, C. E. 2006. Proposta simplificada de metodologia de avaliação de impacto paisagístico para novos empreendimentos a serem implementados em ambiente antártico. In: XVII Reunión de Administradores de Programas Antárticos Latinoamericanos, 2006, Punta Arenas, Chile. Anais da XVII RAPAL. Punta Arenas: INACH, 2006. p. 1-15.

Pereira, E. B., Kirchoff, V. M. J. H. O INPE na Antártica. São José dos Campos, SP: Transtec Editorial, 1992.

Polar Research Institute of China, 2014. Proposed construction and operation of a new Chinese research station, Victoria land, Antarctica. In: Draft Comprehensive Environmental Evaluation.

Politi, S., Antonini, E. 2017. An expeditious method for comparing sustainable rating systems for residential buildings. *Energy Procedia*, 111, 41-50.

Reis, T. C., Alvarez, C. E. 2015. Análise do Ciclo de Vida da envoltória da Estação Antártica Comandante Ferraz. In: Euro-ELECS 2015 -Latin American and European conference on sustainable buildings and communities, 2015, Guimarães. Connecting People and Ideas? Proceedings of EURO ELECS 2015. Lisbon: Printed by Multicomp, 2015. v. 1. p. 513-522.

- Salamanca, A. E. 2018. Stakeholders' manipulation of Environmental Impact Assessment. *Environmental Impact Assessment Review*. 68 10-18. Doi: 10.1016/j.eiar.2017.10.003
- Santos, L. E. F. 2014. Territorialismo x Internacionalismo: o future do Tratado Antártico. *Antártica*, 2048: Mudanças Climáticas e Equilíbrio Global. 1ªEdição. São Paulo: Marina Books.
- Scientific Committee on Antarctic Research (SCAR). 2009. *Antarctic Climate Change and the Environment*. Scott Polar Research Institute. Cambridge,
- Scientific Committee on Antarctic Research (SCAR). 2014. *Main Antarctic Facilities operated by National Antarctic Programs in the Antarctic Treaty Area (South of 60° latitude South)*. report. Disponível em: <<http://www.scar.org/>>. Acesso em: 10 jul. 2015
- Scientific Committee on Antarctic Research (SCAR). 2015. *Antarctic Science and Policy Advice in a Changing World*. Strategic Plan 2011-2016. Reino Unido.
- Scheuer, C. W., Scheuer, C. W. 2002. *Evaluation of LEED using life cycle assessment methods*. US Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology.
- Secretariat Of Antarctica Treaty (SAT). 2016. *Environment Protocol - Annex I: Environmental Impact Assessment*
- Secretariat Of Antarctica Treaty (SAT). 2016. *Protocol on Environmental Protection to the Antarctic Treaty*.
- Secretariat Of Antarctica Treaty (SAT). 2021. *EIA Database*.
- Sfakianaki. E. 2018. Critical success factors for sustainable construction: a literature review, *Management of Environmental Quality: An International Journal*. DOI:10.1108/MEQ-02-2018-0043
- Shamseldin, A. K. M. 2016. Proposal of adapting the assessment weights of GPRS for different gated communities' positions. *Housing and Building National Research Center*. P. 1687-4048. 2016. DOI: 10.1016/j.hbrcj.2016.02.001
- Shan, M., Hwang, B. G. 2018. *Green Building Rating Systems: Global Reviews of Practices and Research Efforts*. Sustainable Cities and Society.
- Shaw J. D., Terauds A., Riddle M. J., Possingham H. P., Chown S. L. 2014. Antarctica's Protected Areas are inadequate, unrepresentative, and at risk. *PLOS Biology*. vol. 12, n. 6.
- Shaw, J.D., Terauds, A., Riddle, M.J., Possingham, H.P., Chown, S.L., 2014. Antarctica's protected areas are inadequate, unrepresentative, and at risk. *PLoS Biol*. 12 (6). DOI: 10.1371/journal.pbio. 1001888.

Silva, D. G. P. 2020. Instalações da nova EACFrecursos energéticos aplicados na microrrede elétrica da estação. Revista Obras Civis v. 9 n. 1.

Silva, V. G. 2003. Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: diretrizes e base metodológica. Tese de Doutorado em Engenharia Civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Silva, V.G. 2000. Avaliação do desempenho ambiental de edifícios. Revista Qualidade na Construção. São Paulo: n.25, 14-22.

Soares, G. R., Alvarez, C. E., Goncalves, R. F. 2010. Caracterização do Consumo de Água na Estação Antártica Comandante Ferraz. In: XXXII Congresso Interamericano de Ingenieria Sanitaria y Ambiental, 2010, Punta Cana.

Soares, G. R., Alvarez, C. E., Goncalves, R. F. 2010. Caracterização do Consumo de Água na Estação Antártica Comandante Ferraz. In: XXXII Congresso Interamericano de Ingenieria Sanitaria y Ambiental, Punta Cana. XXXII Congresso Interamericano de Ingenieria Sanitaria y Ambiental, 2010. v. único.

Soares, G. R., Alvarez, C. E., Goncalves, R. F. 2012. Desenvolvimento de um programa de conservação de água para a Estação Antártica Comandante Ferraz. li Ecosanlac. Conferência Latino-Americana Americana em Saneamento Sustentável. Brasil.

Soares, G. R., Alvarez, C. E., Gonçalves, R. F. 2010. Programa de conservação de água na estação antártica Comandante Ferraz: etapa de caracterização. In: XXI RAPAL - Reunión Anual de Administradores Antárticos Latinoamericanos, Ecuador. Documento de Trabalho. p.1 – 6.

Stec A. 2020. Water Resources. In: Sustainable Water Management in Buildings. Water Science and Technology Library, vol 90. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-35959-1_2.

Summerson, R., Bishop, I. 2012. The impact of human activities on wilderness and aesthetic values in Antarctica, Polar Research, 31:1. DOI: 10.3402/polar.v31i0.10858

Tarassenko. 2009. Environmental impact assessment in Antarctica: application of the “minor or transitory impact” criterion. ANTA 502: Review.

Tin, T., Fleming, Z., Hughes, K., Ainley, D., Convey, P., Moreno, C., Snape, I. 2009. Impacts of local human activities on the Antarctic environment. Antarctic Science, 21(1), 3-33. DOI:10.1017/S0954102009001722.

Tin, T., Sovacool, B.K. Blake, D.; Magill, P.; El Nagggar, S.; Lidstrom, S.; Ishizawa, K.; Berte, J. 2009. Energy efficiency and renewable energy under extreme conditions: Case studies from Antarctica, Renewable Energy, Volume 35, Issue 8, 2010, Pages 1715-1723, ISSN 0960-1481. DOI:10.1016/j.renene.2009.10.020.

Toro, J., Requena, I., Duarte, O., Zamorano, M. 2013. A qualitative method proposal to improve environmental impact assessment. *Environmental Impact Assessment Review*. 43 (2013) 9–20. DOI: 10.1016/j.eiar.2013.04.004.

Universidade de Caxias Do Sul (UCS). 2016. Antártica: doutoranda em Biotecnologia viaja ao continente para estudos de macroalgas. Disponível em: <https://www.ucs.br/site/noticias/4931/>. Acesso em: 10 de fev. 2016

United Nations Conference on Environment and Development (UNCED). 1992. Earth Summit Agenda 21. Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. Brasília: Senado Federal, 1996. 585 f. (Versão em português: Agenda 21 – Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento.

US Green Building Council (USGBC). 2014. LEED v4 User Guide. Disponível em: <http://www.usgbc.org/resources/leed-v4-user-guide>. Acesso em: 28 mai. 2014.

Van Dijk, S., Tenpierik, M., van den Dobbelsteen, A. 2014. Continuing the building's cycles: A literature review and analysis of current systems theories in comparison with the theory of Cradle to Cradle. *Resources, Conservation and Recycling*, 82, 21-34.

Wallhagen, M., Glaumann, M., Eriksson, O., Westerberg, U. 2013. Framework for Detailed Comparison of Building Environmental Assessment Tools. *Buildings*. 3, p. 39-60.

World Commission on Environmental and Development (WCED). 1987. Our common future. Oxford: Oxford University Press, 1987.

Woelffel, A. B., Alvarez, C. E. 2008. Diagnóstico da produção de resíduos sólidos na Estação Antártica Comandante Ferraz (Brasil). In: XIX RAPAL - Reunion de Administradores de Programas Antárticos Latinoamericanos, Buenos Aires. Documento de Información. Buenos Aires: Dirección Nacional del Antártico, 2008. p. 1-4.

Wong, S., Abe, N. 2014. Stakeholders' perspectives of a building environmental assessment method: The case of CASBEE. *Building and Environment*. 82, p. 502-516. DOI:10.1016/j.buildenv.2014.09.007

Zarghami, E., Azemati, H., Fatourechi, D., & Karamloo, M. 2018. Customizing well-known sustainability assessment tools for Iranian residential buildings using Fuzzy Analytic Hierarchy Process. *Building and Environment*, 128, 107-128.

ANEXO I - ASSESSING THE ENVIRNTAL IMPACTS OF CONSTRUCTION IN ANTARCTICA



Assessing the environmental impacts of construction in Antarctica

Dielly Christine Guedes Montarroyos^{a,*}, Cristina Engel de Alvarez^b, Luís Bragança^c

^a Department of Civil Engineering, University of Minho, Campus de Azurém, 4800-058 Guimarães, Portugal

^b Laboratório de Planejamento e Projetos, UFES, Av. Fernando Ferrari, 514, Room 7, Vitória, Espírito Santo 29075-910, Brazil

^c Department of Civil Engineering, University of Minho, Campus de Azurém, 4800-058 Guimarães, Portugal

1. Introduction

The origin of the Environmental Impact Assessment (EIA) was in 1969, as part of the US National Environmental Policy Act which imposed the obligation of all federal agencies to evaluate the potential impacts of activities on the environment (Ortolano and Shepherd, 1995). Its emergence coincided with the recognition of the fact that human activities could lead to changes in the natural setting (Morgan, 2012).

The EIA is a procedure to identify, predict, investigate, evaluate and mitigate impacts from activities that are likely to have substantial effects on the environment. The evaluation must happen during the design and planning phase and can be done in different approaches such as interaction matrices, prediction of impacts, investigation and decision-making by government agencies (Toro et al., 2013).

Recognized and used by many countries, the EIA methods are based on systematic environmental studies, in addition to relying on the support of a public consultation to assess project execution (Jay et al., 2007). The EIA have contributed to monitoring the development of environmental protection projects, the implementation of environmental laws and mainly as an instrument that assists decision-making in several administrative spheres (Morgan, 2012).

Likewise, the EIA method involves public consultation, debates and decision-making in Antarctica. The methods rely on international collaboration in Antarctica since the issues can affect a global common (Bastmeijer and Roura, 2008).

It is known that Antarctica is the most inhospitable, the most remote and the most unpopulated place on earth. Antarctica is also an environmentally vulnerable land (Tin et al., 2009) and it is highly valued for the importance of its scientific research whose results have worldwide implications (Hughes et al., 2011), like the research on climate changes and on pharmacological discoveries (Dodds et al., 2017).

It is worth remembering that any change or environmental impact on Antarctica may have catastrophic consequences, and most of the Antarctic research depends on the continuous human presence on the continent and on the obedience to the strict environmental legislation: the Protocol on Environmental Protection to the Antarctic Treaty

(Montarroyos et al., 2018).

Because of the sovereignty territorial disputes that had occurred in Antarctica in 1959, twelve countries signed the Antarctic Treaty that recognized the continent as a place for scientific and peaceful purposes for 30 years (Secretariat of Antarctica Treaty (SAT), 2016a, 2016b). Thirty years later, the discussion of the signatory parties became mainly environmental, motivating the preparation of the Protocol on Environmental Protection to the Antarctic Treaty in 1991. The Protocol recognized, among other relevant matters, the prohibition of mineral resource activities, ensuring the peaceful purposes and the strict environmental protection. It also determined that the parties would prepare annual reports to the Antarctic Treaty Consultative Meeting (ATCM), as a way to update and implement the Protocol contents (Secretariat of Antarctica Treaty (SAT), 2016a, 2016b).

One of the main issues addressed by the Protocol was the improvement of the methods to evaluate environmental impacts. The legislation imposed requirements for all planned activities on the continent as a way to preserve the environment (Hemmings and Kriwoken, 2010). Before the execution of any activities in Antarctica – construction of new scientific stations or scientific research development – the Protocol established that all nations should identify of the level of environmental impact the activity as having: less than a minor or transitory impact; minor or transitory impact; or more than a minor or transitory impact (Secretariat of Antarctica Treaty (SAT), 2016a, 2016b). The recognition of the impact levels of activities provided specific guidance on the preparation and controlling of the EIAs (Bastmeijer and Roura, 2008).

The Preliminary Assessment (PA) is desirable, but not mandatory. With no procedures defined by Protocol, this type of evaluation focuses on initial discussion about potential impacts with less intensity and duration (Tarasenko, 2009). On the other hand, depending on the level of impact, the Initial Environmental Evaluation (IEE) and Comprehensive Environmental Evaluation (CEE) shall be mandatory according to the Annex 1 of the Protocol. The annex provides guidelines and the minimum requirements to prepare and deliver EIA reports (Secretariat of Antarctica Treaty (SAT), 2016a, 2016b).

* Corresponding author at: Av. Fernando Ferrari, 514, Room 7, Goiabeiras, Vitória, Espírito Santo 29075-910, Brazil.

E-mail addresses: ld6667@alunos.uminho.pt, dielly.christine@faesa.br (D.C.G. Montarroyos), cristina.engel@ufes.br (C.E. de Alvarez), braganca@civil.uminho.pt (L. Bragança).

<https://doi.org/10.1016/j.eiar.2019.106302>

Received 11 March 2019; Received in revised form 9 August 2019; Accepted 10 August 2019

0195-9255/© 2019 Published by Elsevier Inc.

1.1. Initial Environmental Evaluation (IEE) and Comprehensive Environmental Evaluation (CEE)

In accordance with Article 2, the IEE is a method that shall be prepared in order to help nations perform an activity. With regards to the minimum requisites to prepare IEE, the Protocol defines the inclusion of descriptive data including purpose, location, duration, intensity, as well as consideration of probable and cumulative impacts. Similarly, the CEE is required in order to start the proposed activities in Antarctica. Besides being mandatory, this type of EIA must be made publicly available for comments and must be forwarded to the Committee for Environmental Protection (CEP). The Committee has to review CEE and decide on their prohibitions or proceedings (Secretariat of Antarctica Treaty (SAT), 2016a, 2016b).

In addition to the information required in the IEE, the preparation of the CEE draft shall include: description of the proposed activity, descriptive information about the initial environmental condition; descriptive methods to forecast the impacts; estimation of the nature, extent, duration, intensity of the impact; identification of the indirect, cumulative or unavoidable impacts; consideration of the effects of the proposed activities; identification of gaps and uncertainties about the conduction of the activities; and identification of measures to minimize or mitigate impacts (Secretariat of Antarctica Treaty (SAT), 2016a, 2016b). Because it involves more than minor or transitory impacts, the CEE is a process to accurately evaluate activity impact, therefore it also involves public consultation and participation of the committee to review the drafts (Bastmeijer and Roura, 2008).

The CEE procedures are established according to the following steps: 1) preparation and public availability of the CEE draft; 2) evaluation of the draft by the committee in the annual Antarctic Treaty Consultative Meeting; and 3) presentation of the final version considering all revisions and comments. No activity can be undertaken, or no final decision shall be proceed, without the previous analysis of the draft by the committee. The final CEE shall be made publicly available to all nations for consideration (Secretariat of Antarctica Treaty (SAT), 2016a, 2016b). Thus, the process is characterized by a high level of transparency and international collaboration. According to Hemmings and Kriwoken (2010) these steps represent an efficient quality control to evaluate environmental impacts.

However, even though the EIA process is an example of international collaboration, it presents limitations. One of them is the lack of interest among nations in the EIA development. Even when an activity is classified as having more than a minor or transitory impact, i.e., events that may alter significantly the environment, there is a low percentage of CEE developed for Antarctic activities (Secretariat Of Antarctica Treaty (SAT), 2017), and less than half of the Antarctic Treaty parties make the CEE publicly available (Hemmings and Kriwoken, 2010; Secretariat Of Antarctica Treaty (SAT), 2017).

With respect to construction activities, they were occasionally evaluated as having a minor or transitory impact and then conducted to IEE procedures. As the interpretation of the impact levels is undefined and can vary, it may cause an incorrect evaluation and assessment of environmental impacts (Tarasenko, 2009).

Moreover, the EIAs report raised possible doubts about the process and stimulated systematic analysis of the published drafts emphasizing

the importance of these analyses for the adoption of measures to mitigate the impacts and preserve the environment (Antarctic Treaty Consultative Meeting (ATCM), 2016a, 2016b). Thus, the absence of the EIA in public domain or submission of reports incompatible with the proposed activities may compromise the protection of the Antarctic environment, and can raise doubts about the efficiency of the EIA procedures established by the Protocol.

Aware of these limitations, the CEP anticipated the need for an enhancement of EIA proceedings in Antarctica. Thus, the final report of the Thirty-ninth Antarctic Treaty Consultative Meeting in 2016 recommended the following: 1) a reduction of the time limit for analysis and response of the CEE as a way to promote commitment of the consultative parties; 2) a description of methods to distinguish activities impacts; 3) and an increase of the minimum requisites for IEE preparation, making the impact analyses obligatory according to the requisites mentioned above. Furthermore, the CEE shall include an evaluation of the nature, extent, duration, intensity of the impacts and the unavoidable impacts. Such issues, among other criteria, can raise an alert for the interference of activities in every area, especially in the area of environmental protection. These issues can also help the process of evaluation by making possible the standardization and the exchange of international information, while meeting the main principles of the Protocol (Secretariat of Antarctica Treaty (SAT), 2016a, 2016b).

The ATCM decided that the CEE should include the following demands: description of the proposed activity, initial environmental reference state and method to forecast impacts; estimation of the nature, extent, duration and intensity of the proposed activity impacts; identification of the probability of the occurrence of unavoidable, cumulative, indirect or second order impacts (Antarctic Treaty Consultative Meeting (ATCM), 2005). The identification of the environmental impacts involves the recognition that an activity is able to change the environment state.

In summary, according the Annex I and amendments to the Protocol, an impact may be identified by the requisites mentioned, as shown in the Table 1 (Antarctic Treaty Consultative Meeting (ATCM), 2016a, 2016b).

Due to the transparency of the process, most countries have presented environmental impact evaluations in tables called “impact matrix”, that summarize the obligatory results.

Similar to the Protocol and annexes, the Sustainable Building Tool – SBTool (Larsson, 2015) has been assessing environmental issues according to the requirements for the construction of buildings in urban areas around the world. The SBTool, as a main global tool, aims at promoting building evaluations without compromising the scientific accuracy of the environmental assessments.

1.2. Sustainable building tool

Managed by International Initiative for Sustainable Built Environment (iiSBE), an international non-profit organization, the SBTool is considered the most comprehensive (Shan and Hwang, 2018), flexible, adaptable and sustainable assessment tool (Alyami and Rezgul, 2012). For years the SBTool has been the only tool developed to be adapted to other locations (Andrade and Bragança, 2016), allowing users to adjust the indicators according to local priorities (Bragança and

Table 1
Definitions and parameters of the requisites to evaluate environmental impacts. The example used is snow/ice contamination. Source: Polar Research Institute of China (2014).

Requisites	Definition	Parameter example
Nature	Type of the of the impact caused by the activities	Contamination of snow/ice
Duration	Duration of possible impacts on the environment	Years
Extent	The detectable geographical area or volume of changes that may occur	Local
Intensity	Estimative of the intensity of the impact on the natural function	Low
Probability	Likelihood of impact occurring	Certain

Table 2
Scorecard and weighting factors of SBTool. Source: Larsson (2015).

Adjustable	Pre-defined values			
Local effect (El) 1 to 5 points	Extent of potential effect (Ep) 1 to 5 points	Duration of potential effect (Ed) 1 to 5 points	Intensity of potential effect (Ei) 1 to 3 points	Primary system directly affected (Es) 1 to 5 points
(1) Much less (2) Less (3) Ok (4) More (5) Much more	(1) Building (2) Site/Project (3) Neighborhood (4) Urban/ Region (5) Global	(1) 1 to 3 years (2) 3 to 10 years (3) 10 to 30 years (4) 30 to 75 years (5) > 75 years	(1) Minor (2) Moderate (3) Major	(1) Functionality/ serviceability (1) Cost e economics (2) Well-being, security and productivity of individuals (2) Social and cultural issues (3) Land resources (3) Non-renewable material resources (3) Non-renewable water resources (4) Non-renewable energy resources (3) Ecosystem(s) (4) Local and regional atmosphere (5) Global climate

Mateus, 2017).

From 2007 on, in the updated version, a quasi-objective method to distinguish the weighting elements between loads and effects of the construction on the environment or humans was defined. The weighting system was defined according to the requisites of Local effects (El); Extent of potential effect (Ep); Duration of potential effect (Ed); Intensity of potential effect (Ei); and Primary system directly affected (Es). The weighting system presented by the SBTool has the objective of quantifying the indicators or criteria for evaluating the sustainability of buildings (Larsson, 2015; Bragança and Mateus, 2017).

Therefore, the SBTool assigns reference values to the parameters, ranging from 1 to 5 (Table 2) (Larsson, 2015). The weight assignment of the values in the indicated scale (1 to 5 points) shows the significance of the effect or indicator according to the requisites, which implies that a higher number means a more significant effect.

In the SBTool, in the columns about Extent (Ep), Duration (Ed) and Intensity (Ei) of potential effect there are predefined values that cannot be modified by users. Only the Local effect (El) column is adjustable according to the local specificity. The column Primary system (Es) has the parameter and values established by international normative (Larsson, 2015).

Based on the wide range of sustainable and environmental issues that the SBTool can measure, and the possibility to use it in different locations to perform accurate assessment according to local priorities, it was identified that the SBTool scorecard system has potential for being used in Antarctica.

Aware that the scale numbers and parameters may not be representative of the environmental evaluation on the continent, so adaptation of the SBTool is required in order to be used in the Antarctic region.

Understanding that EIA can provide data to comprehend impacts that may occur on the continent (Tarasenko, 2009), and the adaptation of SBTool scorecard and weighting system specific for the continent can support the improvement of the EIA process, the present research aimed to investigate the environmental impacts related to construction activities in Antarctica. The purpose is developing an assessment method based on the SBTool to analyze and verify environmental impacts.

The EIA data, Consultative Meeting reports, the Protocol and annexes supported the method aiming to allow an environmental assessment in consonance with the Antarctica current legislation.

2. Methodology

To meet our research objectives: to assess, analyze and verify environmental impacts related to construction activities in Antarctica, the research was organized according to the following steps: 1) inquiry and analysis of guidelines that regulate the procedures related to

environmental impact assessments; 2) investigation of all EIA reports publicly available from 2006 to 2018 on the ATCM website for construction activities; 3) analysis of the process to validate EIA reports for the construction of scientific stations; 4) identification of the CEE requisites for new constructions in Antarctica; 5) proposal of an assessment method and based on SBTool generic scorecard.

2.1. Guidelines for environmental impact assessments

In the first step of the research methodology documents and legislation to conduct activities in Antarctica were collected: Antarctic Treaty; Environment Protocol; Annex 1; Rules of Procedure of the Committee for Environmental Protection; Guidelines for EIA in Antarctica; and ATCM Rules of Procedure (Secretariat of Antarctica Treaty (SAT), 2016a, 2016b). These documents – publicly available on the Secretariat of the Antarctic Treaty website – guide the activities and establish procedures to plan and implement projects on the continent.

Thus, the research initially involved analysis of the Environmental Protocol as the main document to support environmental control in Antarctica – including annexes and updated articles. In all these documents the EIA procedures were inspected.

In addition, the inquiry involved reports of the ATCM and resolutions that might influence the preparation of the EIA reports. The selected documents were: the final reports from 1961 to 2017 of the ATCM; and ATCM resolutions whose category was defined as “Comprehensive environmental evaluation”, “Environmental protection” or “CEP strategy”.

The data were organized according to the year of publication for chronological understanding. The main keywords that guided the search in all files were “Environmental Impact”, “EIA”, “Comprehensive environmental evaluation”, and “Initial Environmental Evaluation”. The appreciation of these documents made possible the delimitation of the research, the analysis of the environmental assessment process in Antarctica, the examination of the publicly available data and the comparison between the procedures recommended by the Antarctic Treaty Consultative Party (ATCP) and the procedures performed by the nations.

2.2. EIA reports for construction activities in Antarctica

Searching for transparency in the EIA process, drafts, documents and reports prepared by the nations shall be made publicly available. Therefore, on the website of the Secretariat of the Antarctic Treaty (SAT), in the section of the Environmental Protocol and EIA subsection, the EIA database for activities on the continent can be found. The database was classified according to the assessment type – IEE or CEE –, year of publication, party or nation, and topic, which can be

categorized as construction, science, drilling, tourism among other activities (Secretariat of Antarctica Treaty (SAT), 2016a, 2016b).

In this step, all types of EIA data that have addressed the topic “construction/ operation of facilities”, published by all nations, from 2006 until today, have been collected. The year 2006 was decided based on the guidelines updated in the Consultative Meeting in 2005, which established impact identification and evaluation.

The reason for this data gathering was to analyze, in a measurable manner, the development of the CEE and IEE reports for construction, as well as identifying how many and what kind of activities performed in Antarctica required the preparation of EIA reports.

2.3. EIA reports for construction and operation of scientific stations

In order to verify whether all scientific stations built in Antarctica have had the EIA made accessible in the public domain, a review was carried out in the Antarctic Station Catalogue of the Council of Managers of National Antarctic Programs (Council of Managers of National Antarctic Programs (COMNAP), 2017). The catalogue presents 76 scientific stations, however six scientific stations are included in this study whose date of construction, renovation or expansion was after 2006.

Besides the analysis of the EIA documents along with the catalogue review, the final reports of the ATCM from 2006 to 2017 were examined. In these reports, it was verified if one of the selected scientific station was mentioned in the meeting, if any consultative parties expressed concern about the impact of the construction of a scientific station, as well as if parties revised the EIA reports. To this end, the names of the six selected scientific stations along with the names of their countries, and the keywords “CEE”, “IEE”, “Scientific station”, “building” and “construction activities” were searched in all of the 21 ATCM files. The data gathered were organized according to the name of the scientific station followed by the year of publication.

These meeting reports contributed to understanding the validation process of EIA and to identifying gaps and potentialities for the development of the environmental assessment in Antarctica. Additionally, the research content included the analysis of debates about CEE.

2.4. Comprehensive environmental evaluation for construction of scientific stations

The step involves the exploration of the environmental impacts that may occur according to the drafts and final version of the EIA for buildings, and investigation and discussion about the parameters used by nations that may contribute to the data standardization, especially for the preparation of the weighting factor table for Antarctica.

To obtain the parameters according to the requisites of extent, duration, intensity and probability, the content of the CEE reports of the six selected scientific stations were analyzed. The investigation was focused specifically on the table of the Impact Matrix (Table 2) which contains the environment impact and metrics for the construction activities.

In addition, it can be highlighted that the SBTool does not include the requisite or factor of probability. However, this requisite is widely used in EIA around the world, and is required by the Protocol. Thus, in accordance with the Antarctica legislation and international practices, probability of potential effect was taken into consideration for this assessment and exploratory process.

The drafts and final CEEs were examined and the metrics of each nation for the requisites/factors were summarized and organized in the table adapted from SBTool. The values of the parameters in the table were organized in a numerical scale from 1 to 5 points, which 1 represents the lowest level of requisite significance and 5 the highest level of requisite significance. This step allows for comparative analysis of the results and supporting the preparation of the weighting table of SBTool Antarctica.

2.5. Weighting system, proposal of an assessment method and discussions about the results

Based on the information obtained from the previous steps, this step involved the quantification of the data to support the environmental impact factor and weighting analyses of the construction activities on the continent.

Firstly, the parameter values from 1 to 5 obtained from the drafts and final versions of CEEs for each requisite of Extent (Ep), Duration (Ed), Intensity (Ei) and Probability (Pe) were inserted in a comparative table and they were connected to a scale of 5 colors which represents: green (1), yellow (2), orange (3), dark orange (4) and red (5). The method aims at highlighting the most significant impact and requisites, in which green represents lower significance and red highest significance. The absence of color means that the evaluation of an effect requisite was not done by the nation.

Subsequently, a quantitative evaluation was done. The impact factor algorithm¹ (Fk) is obtained by the multiplication of the factor values contained in the assessment tool: Local effects (El); Extent of potential effect (Ep); Duration of potential effect (Ed); Intensity of potential effect (Ei); and Primary system directly affected (Es).

$$Fk^1 = El \times Ep \times Ed \times Ei \times Es \quad (1)$$

Since the EIA in Antarctica included the factor of Probability (Pe), to obtain the Fk specifically for Antarctica, an adaptation of the SBTool algorithm¹ was made by adding the Pe factor (2). In the same way as the others factors, the parameter values of Pe were defined based on the previous methodological step, from the CEE analysis.

$$Fk = El \times Ep \times Ed \times Ei \times Es \times Pe \quad (2)$$

From the Impact Factor (Fk) of each nation, the Weight (W) was obtained. To reach the percentage that represents the impact on the continent, the sum of the Fk was done according to the algorithm 3:

$$W = \frac{Fk}{\sum_{k=1}^n FK} \quad (3)$$

The values of Fk and W were organized in a comparative table of CEEs responses. The table contains the values of each proponent nation and the values of the Primary system directly affected (Es).

According to the SBTool and following the requirements of the Protocol, the Primary systems directly affected (Es) are: local and regional atmosphere; land or ice; environmental values; ecosystem; and water resources. Given the lack of standardizing procedures for buildings in the environmental impact assessment, the impacts related to the Primary system (Es) were combined and had their weights added. This combination has allowed the systematization of the data presented, interpretation of the significance of each Es and definition of the Es reference values.

From these results, it was possible to identify weight values of all requisites/factors and adapt of the SBTool weighting system for the Antarctic context, fostering EIA for buildings with regard to procedural accuracy of an area of environmental and scientific interest.

3. Results and discussion

3.1. EIA reports for construction activities in Antarctica

IEE reports presented higher numbers than the CEE reports (Fig. 1). From 2006 to 2017, 79 IEE reports for activities related to construction such as modernization, refurbishment, facilities maintenance, logistic, installation of turbines, shelters and summer stations were published (Secretariat Of Antarctica Treaty (SAT), 2017), while the CEE published only 17 documents.

The activities evaluated by IEE, though classified as of minor or transitory impact, can cause harm to the local ecosystem, for example disposal of waste, ground/ice pollution, among other irreversible

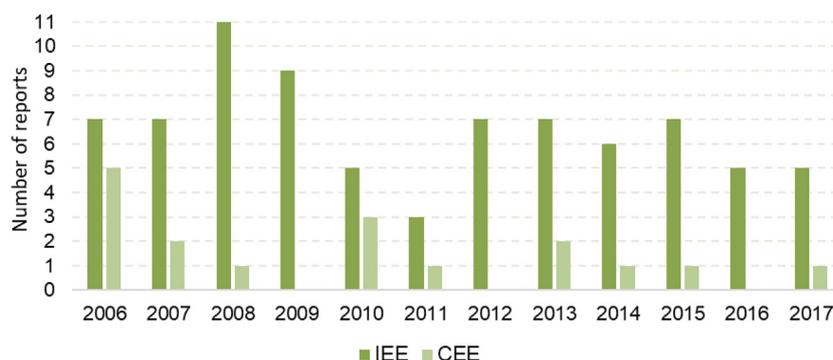


Fig. 1. Number of IEE and CEE reports for construction-related activities from 2006 to 2017 from Secretariat Of Antarctica Treaty (SAT) (2017).

impacts. In a specific analysis of the IEE reports from January 2006 to December 2017, it was observed that from the 79 IEE reports 29 were focused on activities that involved construction of temporary rooms, installation of antennas, wind turbine, among other facilities; 27 were related to construction, maintenance or refurbishment of scientific stations; 11 were about construction of fuel tanks; 8 were related to construction of shelters or emergency modules; and 4 were about construction of paths.

This investigation shows a high number of IEE reports related to construction, maintenance, refurbishment and disassembly of scientific stations.

Although there is no predefined condition on which construction activities should be forwarded to the IEE or CEE reports, it was noticed that most CEE reports were related to planning and execution of large-sized scientific station projects. From the 17 evaluated reports, 11 were about construction of scientific stations, while the other activities referred to the fuel tank installation, construction of two airplane runways, and three exploration and science proceedings.

3.2. EIA reports for construction and operation of scientific stations

The second investigation considered the analysis of CEE and IEE reports specific to the construction of scientific stations. This research refinement emphasizes difficulties and opportunities concerning the validation procedures of the reports.

Table 3 presents the systematization of EIA published data, COMNAP catalogue and the content of ATCM, which it was possible to

observe: a) reduced time spent in analysis of reports by the committee; b) increase of the number of report reviews after 2006; c) absence of data reports related to expansion or renovation of buildings.

Formulated from Council of Managers of National Antarctic Programs (COMNAP) (2017), Secretariat Of Antarctica Treaty (SAT) (2017), National Academy of Sciences of Belarus (2015), Polar Research Institute of China (2014), Korea Polar Research Institute (2011), National Centre for Antarctic and Ocean Research (2010), British Antarctic Survey (2007) and Belgian Science Policy (2006).

Hemmings and Kriwoken (2010) highlighted the limitations of the process of elaborating and submitting CEE reports. Among other issues, they emphasized the lack of commitment to the reports, characterized by the absence of revisions between the draft phase and the final proposal. Until 2009, none of the draft reports submitted and revised by the ATCP had undergone modification or improvements, making the evaluation and validation processes doubtful. Currently, the situation is different. As shown, all reports submitted have been revised and improved before being presented as the final versions and put into the public domain. It was also noted that the average time spent on the report validation and submission was one year, with the exception of the Bharati station (India), whose process took four years.

The Bharati station reports also demonstrated the increase of the numbers of revisions made after updating the CEE procedures in 2005. Besides the Indian station, the construction reports of the Korean station and Belarusian station were given more than one recommendation for adjustment. The rigor in the revision process, though important to the environmental protection, can encourage measures to avoid CEE

Table 3

Comprehensive Environmental Evaluation for construction and operation according reports and ATCM.

n	Name	Area	Construction		Country	Local	Type	Report		ATCM
			Start	End				Version	Year	
1	Vechernyaya	108m ²	2015	2018 ^a	Belarussian	67°39'S 46°09'E	CO	Final 1st	2015 2013	2014–2015
2	New Chinese Antarctic Research Station	5.528m ²	2015 ^a	–	China	74°55'S 163°42'E	CO	3rd	2014	2014
3	Jang bogo	4.661m ²	2012	2014	South Korea	74°37'S 164°13'E	CO	1st	2011	2010–2012
4	Bharati	2.900m ²	2010	2012	India	69°24' S 76°11'E	CO	Final 1st	2010 2006	2007–2011
5	Kunlun	558m ²	2008	2009	China	80°22'S 77°21'E	CO	Final 2nd 1st	2008 2007 2007	2008
6	Princess Elizabeth	1.900m ²	2007	2009	Belgian	71°57'S 23°20'E	CO	Final	2006	2006
7	Halley VI	2.000m ²	2007	2017	UK	74°25'S 20°45'W	CO	Final	2007	2006
8	Johann Gregor Mendel	288m ²	2004	2007	Czech Republic	63°48'S 57°52'W	CO	1st	2003	–
9	Neumayer III	4.890m ²	2008	2009	Germany	70°37' S 8°22'W	CO	Final	2005	–
10	St. KlimentOhridski	221m ²	2007	2010	Bulgaria	62°38'S 60°21'W	EX	–	–	–
11	Yelcho	400m ²	–	2015	Chile	64°52'S 63°35'W	EX	–	–	–
12	ComandanteFerraz	4.500m ²	2017	–	Brazil	62°5'S 58°23'W	RE	IEE	–	2013
13	Juan Carlos I	1.735m ²	–	2016	Spain	62°39'S 60°23'W	RE	IEE	2008	2009

Legend of the Type: CO – Construction and operation; EX - Expansion; and RE - Renovation.

^a Prevision of starting/concluding construction.

Table 4
A summary of the environmental impacts identified in the six CEE reports.

Environmental impact	CEE reports					
	Belarusian (2015)	China (2014)	Korea (2011)	India (2011)	UK (2007)	Belgian (2006)
Atmospheric emission	X	X	X	X	X	X
Mechanical impacts on soil/ice	X	X	X	X		X
Noise	X		X	X		X
Waste generation	X	X	X	X	X	X
Waste water	X					
Contamination of soil or ice	X	X	X	X	X	
Loss of scientific value		X		X	X	X
Disturbance of wildlife		X	X			
Introduction of alien species			X		X	X
Light						X

preparation by opting for simpler evaluations.

The CEE is the highest level of EIA, its content is complete and demands the involvement of professionals from various fields of knowledge. The evaluation and official procedure take time, and there is no clear definition of which EIA the construction activities should be submitted to. In this matter, the evaluation of the reference documents shows the absence or simplification of reports on renovation and expansion of facilities, even when buildings have larger areas than those registered in the CEE.

[Salamanca \(2018\)](#) warns that the practice of omitting information is adopted as a way to make easier the approval of EIA documents. Based on the analysis of [Table 4](#) and [Fig. 1](#), it can be inferred that the increase of the IEE for buildings may be related to the motivation of the nations to proceed with the construction of buildings without delays caused by the legal procedures required for the CEE submission.

It is noted that the absence of information from the reports of activities classified as expansion or remodeling of buildings, as well as the presentation of simplified versions can be considered as a negative aspect to the control of the continent's environmental integrity.

3.3. Comprehensive environmental assessment for the construction of scientific stations

The six reports examined were from Belarus (2015), China (2014), India (2011), Korea (2011), United Kingdom (2007) and Belgium (2006).

Initially, the main impacts in the construction phase of new buildings in Antarctica were considered ([Table 4](#)).

Formulated from [National Academy of Sciences of Belarus \(2015\)](#), [Polar Research Institute of China \(2014\)](#), [Korea Polar Research Institute \(2011\)](#), [National Centre for Antarctic and Ocean Research \(2010\)](#), [British Antarctic Survey \(2007\)](#) and [Belgian Science Policy \(2006\)](#).

All CEE reports predicted changes in the atmospheric emission and waste generation. As for the impact related to the atmospheric emission, the reports considered that the logistics processes are responsible for the emission of harmful gases. This impact could contribute to regional and global changes in air quality, however, the report from South Korea also expressed concern about the consequences of the impacts on soil and ice contamination, stating that the emissions could be quickly spread to other areas and could change the ecosystem.

In the Korean, British, and Belgium CEE reports it was mentioned that seeds and micro-organism could be introduced by people, vehicles, equipment or materials. Even though the introduction of alien species was taken into consideration in only half of the analyzed reports, the subject had its significance recognized by the CEP through the production of a Non-Native Species Manual ([Committee for Environmental Protection \(CEP\), 2017](#)). The purpose of the document is to establish proceedings to protect Antarctic biodiversity from the risk of unintended introduction of non-native species. According to the CEP, biological invasions that may occur can threaten the biodiversity and the

survival of native species, as well as being responsible for alterations in the ecosystem ([Committee for Environmental Protection \(CEP\), 2017](#)).

The light pollution, wastewater and disturbance of wildlife were environmental impacts that have been less addressed on the reports ([Table 4](#)). Concerning the light, in most reports it was understood that the scheduled period to begin the construction activities was the summer. In summer, in stations in middle latitude like the Korea scientific station, which is located at 74°S latitude, the sun path does not reach > 45° above the horizon and the sun does not set completely in November, December and January. The solar path in Antarctica is described as having long periods of sunlight, or long periods of light at the construction site, and this fact explains the reason why some reports did not consider light pollution.

In respect to waste water, all the evaluated stations are located close to the coast of Antarctica or to water bodies. It can be added that the polar regions concentrate approximately 69% of the fresh water of the planet, but a great portion of this resource is presented in solid state ([Du Plessis, 2017](#)). Under these conditions, in Antarctica, there is no availability or presence of water in the liquid state, ice or snow must undergo processes - abstraction, melting, treatment and distribution - which usually involve the burning of fossil fuels ([Montarroyos et al., 2018](#)). Thus, the reports should be more concerned about the elimination of waste, optimization and efficiency of the systems as strategies to minimize the impacts resulting from water consumption.

Regarding the disturbance of the wildlife, for some stations it arises from the logistics systems and vehicles (motorbikes, bulldozers, helicopter and airplane). They consider that the change caused by the disturbance of the ecosystem is temporary or transitory.

It was observed that none of the station reports included all the environmental impacts resulting from the construction of buildings in Antarctica. As expected, in each planning there are specificities related to the size of the building, architectural concept, location, materials, logistics, and construction techniques, among others. It is also worth noting that this research involved the latest published versions of the EIA reports, not necessarily the final version approved by the committee. In this sense, some reports have been undergoing changes and improvements, such as the reports of Korea and China.

Concerning the analysis of the requisites, according to the reference data of the reports, it was observed that, in Antarctica, there are significant differences related to the metrics proposed by the SBTool, for example, the duration of the impact. For better analysis of the data and for the definition of the parameters and metrics for the continent, comparative tables according to the standard SBTool were chosen.

Knowing that the SBTool generic parameter should be adjusted for the Antarctic region, a comparative analysis of the metrics used in SBTool and the metrics exposed on the CEE reports was done. The results showed that while in dense urban centers worldwide the impact duration requirement considers reference values > 1 year, in Antarctica the minimum impact duration is set in minutes. It should be noted that the initial reference of duration, bounded by most reports, was less than

a few days.

Such delimitation of nations in relation to the duration of impacts represents a concern for the Antarctic environment and the scientific research carried out in the area, where all impacts, even transitory ones, should be considered.

The reference values of the extent presented metrics similar to urban areas. Regarding the intensity while SBTool values range from minor to major, the published CEEs included data of greater magnitude, mostly addressing values from very low to very high.

Regarding the probability requisite, it shall be noted that the SBTool scorecard does not assess the probability of occurrence, maybe because the evaluation of future impacts or probability of occurrence involves uncertainties. In order to achieve results and metrics, the [European Union \(2017\)](#) suggests the use of the magnitude and sensitivity of the environment as a method to validate data.

In Antarctica, fulfilling the probability requisite can serve as a warning for the development of measures to prevent or mitigate the impact. Most of the metrics are compatible with globally recognized environmental assessments, ranging from unlikely to certainty of occurrence.

When analyzing all the requisites of the reports, it can be highlighted that there are gaps in the Protocol and Annexes, which do not contain a predetermined list of possible impacts of all construction activities on the continent, or a structure evaluation that allows standardized data.

Since there is no standardized procedure specified by the CEP, these requisites and benchmarks can serve as a parameter for EIA, CEE or IEE. In this regard, in the ATCM of 2017, the Committee agreed to update the procedures for the elaboration of the CEE, encouraging the identification of all environmental risks of the activities, as well as the presentation of mitigation measures. Also, the formulation of standardized procedures was suggested by the parties, aiming at ensuring that the published CEEs could be made publicly available with the highest level of data accuracy based on practices of excellence ([Antarctic Treaty Consultative Meeting \(ATCM\), 2016a, 2016b](#)).

Thus, based on SBTool generic and analyzed reports, it was possible to identify the probable impacts attributed to the construction activities of Antarctic buildings, as well as the parameters that allow the formulation of a standard methodology for the continent. The environmental impacts, assessment requisites and the most frequent parameters assigned by the nations were organized according to [Table 5](#).

The reference parameters were organized in a scale of values from 1 to 5 (1 for effect of lower significance to 5 for effect of greater significance). The use of numerical scale helps the quantification of qualitative data.

Therefore, the table presented can serve as an instrument for the standardization of information specific to Antarctica, as well as contributing to the establishment of environmental impact weights, formulation of the environmental assessment method and verification of the indicators for sustainable construction in Antarctica.

3.4. Application of the proposed Antarctic scorecard, proposal of the evaluation instrument and discussion of the results

The contents of six CEE reports on the construction of scientific

stations in Antarctica, published in the public domain were assessed using the proposed SBTool scorecard ([Table 6](#)).

Formulated from [National Academy of Sciences of Belarus \(2015\)](#), [Polar Research Institute of China \(2014\)](#), [Korea Polar Research Institute \(2011\)](#), [National Centre for Antarctic and Ocean Research \(2010\)](#), [British Antarctic Survey \(2007\)](#) and [Belgian Science Policy \(2006\)](#).

The first result obtained was the fact that there was no agreement in the weighting of the requisite duration of the impact of atmospheric emissions. The stations of India and Belgium considered that atmospheric emissions were derived exclusively from the burning of fossil fuels in the transportation of building materials processes in Antarctica. In the reports of the Belarusian and Korea stations, atmospheric emissions also referred to the construction process, where the impact was due to the consumption of fossil fuels to generate the energy necessary to use the equipment on the site. As for the stations of China and UK, besides the logistics process, they also considered the atmospheric impacts in the phase of operation of the building ([Table 6](#)).

Given the divergence in the origin of the impact, it was not possible to come up with a conclusive result. Regarding this matter, there was also a concern expressed about the scope of themes and the lack of standardization in the preparation of the CEE report.

On the subject of soil and ice contamination impacts, the same thing happened. While the CEE of Belarus expressed concerns about the dispersion of oil in the ocean and groundwater, other reports addressed contamination from solid waste dumping. The UK report discussed contamination of the ocean regardless of possible soil/ice contamination.

In the intensity requisite, it was noted that all the impacts of the construction had the intensity rating scales estimated as low or very low. In the urban area worldwide, it is understood that the construction activities cause impacts of high intensity and interfere negatively in the natural environment configuration ([Babak, 2017](#)). In Antarctica, the result can be a reflection of the strict control and environmental monitoring of the construction activities, in which, for the planning of new buildings, impacts of great intensity are not allowed. In regard to this matter, it is possible that the nations underestimated the intensity of impacts in order to gain the report approval or to accelerate the CEE process. On the other hand, these results can also imply that the nations used global scales or scales of their own countries for the assessment in Antarctica, which may not represent that specific area.

On the probability of impacts, most nations have stated that the probability of impacts such as atmospheric emission and loss of environmental value is inevitable. In addition to this fact, there is a high probability of events such as mechanical impacts and contamination of soil or ice. In this regard, the result highlights the need for compulsory presentation of activity reports containing not only impact assessment but also compensatory or mitigating measures.

Atmospheric emissions in Antarctica can be caused by emissions of greenhouse gases and particles from engines, generators and incinerator equipment. This, in addition to influencing air quality, has potentially a negative impact on the marine and terrestrial environment, lakes, soil and ice ([Antarctic Treaty Consultative Meeting \(ATCM\), 2016a, 2016b](#)). In the analyzed reports, only the impacts resulting from atmospheric emissions extend to the regional sphere. No other impact has its extension greater than the local one. The extension

Table 5
Proposed Scorecard for Antarctica based on the metrics exposed in the CEE reports.

Extent of potential effect (Ep) 1 to 5 points	Duration of potential effect (Ed) 1 to 5 points	Intensity of potential effect (Ei) 1 to 5 points	Probability of potential effect (Pe) 1 to 5 points
1. AreaSpecific	1. Minutes/ days	1. Very low	1. Unlikely
2. Local	2. Weeks/months	2. Low	2. Low
3. Regional	3. Years	3. Moderate	3. Medium
4. Continental	4. Decades	4. High	4. High
5. Global	5. Centuries	5. Very high	5. Certain

Table 6
Application of the proposed scorecard for Antarctica based on the CEE reports.

Environmental impact	Duration of potential effect (Ed) 1 to 5 points						Extent of potential effect (Ep) 1 to 5 points						Intensity of potential effect (Ei) 1 to 5 points						Probability of potential effect (Pe) 1 to 5 points					
	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
Atmospheric emission	2	4	2	3	3	5	1	2	3	3	2	3	2	3	2	3	2	2	3	5	4	5	4	5
Disturbance of wildlife	-	1	-	-	-	1	-	1	-	-	-	1	-	1	-	-	-	1	-	2	-	-	-	4
Contamination of soil or ice	2	4	4	4	4	4	1	1	1	2	2	1	3	1	2	2	4	1	3	4	2	2	4	4
Mechanical impacts on soil/ice	2	3	2	2	2	-	1	1	1	1	2	-	2	1	3	2	2	-	4	5	4	5	4	-
Loss of scientific value	-	3	-	4	-	3	-	1	-	2	-	2	-	1	-	1	-	1	-	5	-	5	-	5
Waste generation	2	4	2	3	4	4	2	1	1	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	5	2	2	4	5
Contamination of ocean	-	-	-	2	3	4	-	-	-	1	2	1	-	-	-	2	2	2	-	-	-	5	4	5
Noise	2	-	2	3	4	-	1	-	2	2	2	-	2	-	1	2	3	-	3	-	2	5	2	-
Light pollution	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	3	-
Waste water	2	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-

Legend of the nations: A- Belarus; B- China; C- Korea; D- India; E- Belgium; F- UK

Legend for color scale:

Lower significance 1 2 3 4 5 Greater significance

Absence of color represents impact not evaluated

Table 7
Factor and weight of the environmental impact in Antarctica.

Environmental impact	FkA	FkB	FkC	FkD	FkE	FkF	W	Primary system directly affected (Es)	Es Value	Reference value
Waste water	8	0	0	0	0	0	0.005	Water resources	0.081	1
Contamination of ocean	0	0	0	20	48	40	0.076			
Noise	12	0	8	60	48	0	0.090	Fauna and flora	0.128	2
Light pollution	0	0	0	0	48	0	0.034			
Disturbance of wildlife	0	2	0	0	0	4	0.004			
Loss of scientific/ environmental value	0	15	0	40	0	30	0.060	Environmental value	0.209	3
Waste generation	16	20	8	24	64	80	0.149			
Contamination of soil or ice	18	0	16	32	128	16	0.147	Soil and ice	0.222	4
Mechanical impacts on soil/ice	16	15	24	20	32	0	0.075			
Atmospheric emission	12	120	48	135	48	150	0.360	Atmosphere	0.360	5

of potential effects, together with the probability of their occurrence, raises an alert for the continent's environmental integrity. Consequently, the result points to the importance of the preparation of official documents for the prevention of impact and orientation of procedures of low emissivity.

Among the impacts with a low score or low index of evaluation, the impact “disturbance of wildlife” had only two evaluations by China and UK. The two reports that responded to the impact issue showed an interference caused by vehicles that lasted only a few days in the specific area, characterized by a very low intensity impact. The stations that did not score stated that the impact on the ecosystem was transitory, which meant that the evaluation was not obligatory for the CEE report. However, there was incoherence when justifying the duration, since the reports allowed the evaluation of transitory impacts or impacts of short duration.

The assessment of the impact “disturbance of wildlife” is complex and comprehensive. It is essential to investigate the cause of the disturbance to the ecosystem as well as the proximity to especially protected areas, and to support species monitoring.

The reports on “loss of environmental value” were unanimous regarding the results of probability and intensity. The reports recognized the impact as unavoidable or certain and with low intensity. On this issue, Bastmeijer and Roura (2008) stated that there were methodological difficulties in the evaluation of environmental values on the continent. For them, the environmental assessment carried out under this requirement was superficial and not in conformity with the Protocol content.

There are many countries concerned about the poor quality or inaccuracy of the information included in the EIA reports in the world. The lack of reasoning when filling the report can lead to legislative problems besides influencing the commitment of the nations to the environmental responsibility (Morgan, 2012). Therefore, for all possible impacts assessed in Antarctica, particularly for the impact of “loss of environmental value”, the recommendation is to conduct careful inspection and the adoption of close validation of the EIA reports including values presented by the nations.

Based on the algorithm 2 ($Fk_i = Ep \times Ed \times Ei \times Pe$), adapted from the internal SBTtool system, the values assigned by the nations for each requisite (Table 8) were multiplied to obtain the environmental impact factor in Antarctica (Fk). Based on this result it is possible to state that, for the nations involved, the most important impact on the Antarctic environment is “Atmospheric emissions” with 0.360, followed by “Waste generation” with 0.149 and the “Contamination of soil or ice” with 0.148. On the other hand, the impacts of lower weight are “Disturbance of wildlife” with 0.004, and “Waste waters” with 0.006 (Table 7). In addition, by the sum of the individual results it was possible to obtain the percentage equivalent to the weight of the impacts (W), according to expression 3. The sum of the weights must be equal to 1.

In order to organize a quantitative evaluation, the Primary system directly affected (Es) was organized in ascending order. Like the other requisites, it was necessary to associate the results to a reference value from 1 to 5.

As expected, due to the correlation between impact weights and

Table 8
Scorecard and weighting factors for Antarctica.

Extent of potential effect (Ep) 1 to 5 points	Duration of potential effect (Ed) 1 to 5 points	Intensity of potential effect (Ei) 1 to 5 points	Probability of potential effect (Pe) 1 to 5 points	Primary system directly affected (Es) 1 to 5 points
1. Specific area	1. Minutes/ days	1. Very	1. Unlik	1. Waterresources
2. Local	2. Weeks/months	2. low	2. low	2. Fauna and flora
3. Regional	3. Years	3. Moderate	3. Medium	3. Environmental value
4. Continental	4. Decades	4. High	4. High	4. Soil and ice
5. Global	5. Centuries	5. Veryhigh	5. Certain	5. Atmosphere

primary system, the Primary System directly affected (ES) with the highest score was the “Atmosphere” with 0.360, followed by “Soil or ice” with 0.223 and “Environmental value” with 0.208, while the lowest score was represented by “Water Resources” with 0.081.

Regarding the obtained results, the complexity to organize the impacts according to the Es is emphasized, since some impacts can affect one or more primary systems. For example, the impact “Waste generation” can affect either “soil or ice”, “fauna and flora” or “water resources”. Thus, it is advisable to fully clarify the origin and the stages of the impact-generating activity in the CEE process.

One of the main results of the research is the scoring table with the pre-established values, which can contribute to the enrichment of the environmental assessment data in Antarctica (Table 8).

This framework serves as an instrument for quantification and standardization of data, encouraging further knowledge about the possible environmental impacts of construction activities in Antarctica. Therefore, it is suggested to fill in the columns with indicators.

With the weighting factor scorecard, nations must fill 1 to 5 in the columns corresponding to the requisites for each proposed indicator. Based on algorithm 2 and 3, it is possible to obtain the Fk and the weight of the indicator (W). The result should quantitatively expose the evaluation of the indicator of major and minor significance on the continent, considering the four requisites and their interference in the primary system defined for Antarctica.

For the nations, the use of the scorecard and its results which might replace the CEE obligatory item “impact matrix”, will serve as a basis for decision-making aimed at reducing environmental impacts. The weighting factor can allow comparisons, besides contributing to standardizing the evaluation process and the content of the evaluation. For the committee, it can help speed up the validation process and the report statements, in addition to making the report contents clearer. It can also provide metrics for good practices and show disagreements with the predicted impacts.

In both cases, quantifying the data, by filling up or evaluating the scorecard based on the SBTool, may help identify gaps in the assessment, show which one is the best indicator to work on eliminating impacts or on proposing measures to mitigate them, and collaborate on the transparency of the process in order to make the assigned priority to preserving the Antarctica environment clear.

4. Conclusion

Although the CEE process of the impacts of construction in Antarctica has limitations, it is an important instrument that contributes to the preservation of the environment and should be an integral part of the decision-making and updating of the Antarctica legislation.

The investigation and analysis of the EIA report data pointed to the necessity of improvements in the CEE process. Among the possible improvements, and standardization of CEE content, suggestion of the requisites and primary systems to be evaluated were highlighted, combined with the basis of the methods used for the evaluation by the nations, besides the identification of items that cannot be applied to the specificity of the new stations.

As a result, it was also observed that there was the need to update

the environmental assessment procedures in order to consider the detail of the source of the impact, as well as the elaboration of guidelines on how to conduct comprehensive assessments which included analyses of issues such as “loss of environmental value” and “atmospheric emissions”. Another topic that requires attention is the importance of a systematic study of the identified environmental impacts, as well as the presentation of monitoring programs and mitigation measures for the impacts identified as inevitable or very likely to occur on the continent.

The proposed methodology for the formulation of a scorecard based on the SBTool generic as an instrument for evaluating and standardizing data adapted for use in the Antarctic region. It should be noted that the study conducted for Antarctica, through a methodology that involves the adaptation of an internationally recognized tool, can foster comprehensive environmental assessments with data integrity and transparency in the process, in addition to allowing adjustments that contribute to the evaluation and preservation of other areas of environmental protection.

As future work, the following issues are suggested: the definition of indicators followed by the application of the framework for sustainability assessment in the built environment, analysis of environmental assessments in the operation phase, and formulation of procedures to support the updating of the Protocol content.

Furthermore, the use of this instrument by groups of independent experts to evaluate the publically available reports and to assess other impacts of human activities (e.g. logistic operation) on Antarctica should be considered as well as adapting it to other areas of environmental protection.

Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge support received from the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) and Programa Antártico Brasileiro (PROANTAR).

References

- Alyami, S., Rezgul, Y., 2012. Sustainable building assessment tool development approach. *Sustain. Cities Soc.* 5, 52–62.
- Andrade, J., Bragança, L., 2016. Sustainability assessment of dwellings – a comparison of methodologies. *Civ. Eng. Environ. Syst.* <https://doi.org/10.1080/10286608.2016.1145676>. 1029–0249.
- Antarctic Treaty Consultative Meeting (ATCM), 2005. Final Report of the Twenty-Eighth Meeting. 2005 Antarctic Treaty Secretariat, Buenos aires (700 p.; ISBN 987-22458-1-9).
- Antarctic Treaty Consultative Meeting (ATCM), 2016a. Guidelines for Environmental Impact Assessment in Antarctica. (Resolution 1).
- Antarctic Treaty Consultative Meeting (ATCM), 2016b. Final Report of the Thirty-ninth Antarctic Treaty Consultative Meeting. 2016. Antarctic Treaty Secretariat, Santiago, pp. 978–987-4024-18-3 ISBN (complete work).
- Babak, N.A., 2017. Transport construction negative impact on the environment. *Procedia Eng.* 189 (2017), 867–873. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.05.135>.
- Bastmeijer, K., Roura, R., 2008. Environmental impact assessment in Antarctica (October 1, 2007). In: KeesBastmeijer, Timo Koivuova (Ed.), *Theory and Practice of Transboundary Environmental Impact Assessment*. 2008 Brill/MartinusNijhoff Available at SSRN. <https://ssrn.com/abstract=1297285>.
- Belgian Science Policy, 2006. Construction and Operation of the New Belgian Research Station, Dronning Maud Land, Antarctica. Draft Comprehensive Environmental Evaluation.
- Bragança, L., Mateus, R., 2017. Avaliação da Sustentabilidade das Operações de Reabilitação Urbana. II Encontro Nacional Sobre Reabilitação Urbana e Construção

- Sustentável: do Edifício para a Escala Urbana. Livro de Atas da Conferência, Lisboa (ISBN: 978-989-96543-9-6).
- British Antarctic Survey, 2007. Proposed Construction and Operation of Halley VI Research Station and Demolition and Removal of Halley V. Final Comprehensive Environmental Evaluation, Brunt Ice Shelf, Antarctica.
- Committee for Environmental Protection (CEP), 2017. Non-Native Species Manual. Revision. Secretariat of the Antarctic Treaty. (44 p. ISBN 978-987-4024-34-3).
- Council of Managers of National Antarctic Programs (COMNAP), 2017. Antarctic Station Catalogue. (ISBN 978-0-473-40409-3).
- Dodds, K., Hemmings, A., Roberts, P., 2017. In: Elgar, Edward (Ed.), Handbook on the Politics of Antarctica. Northampton, MA, USA. <https://doi.org/10.4337/9781781784717681>.
- Du Plessis, A., 2017. Global water availability, distribution and use. In: Freshwater Challenges of South Africa and its Upper Vaal River. Springer Water. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-49502-6_1.
- European Union, 2017. Environmental Assessment of Projects and Plans and Programmes. Rulings of the Court of Justice of the European Union.
- Hemmings, A.D., Kriwoken, L.K., 2010. High level Antarctic EIA under the Madrid protocol: state practice and the effectiveness of the comprehensive environmental evaluation process. *Int Environ Agreements: Politics, Law. Eco* 10 (3), 187–208. <https://doi.org/10.1007/s10784-010-9119-5>.
- Hughes, K.A., Fretwell, P., Era, J., Holmes, K., Fleming, A., 2011. Untouched Antarctica: mapping a finite and diminishing environmental resource. *Antarct. Sci.* 23 (6), 537–548. <https://doi.org/10.1017/S095410201100037X>.
- Jay, S., Jones, C., Slinn, P., Wood, C., 2007. 2007. Environmental impact assessment: retrospect and prospect. *Environ. Impact Assess.* 27 (4), 287–300.
- Korea Polar Research Institute, 2011. Construction and Operation of the Jang Bogo Antarctic Research Station. Draft Comprehensive Environmental Evaluation, Terra Nova Bay, Antarctica.
- Larsson, N., 2015. SBTool for 2015. International Initiative for a Sustainable Built Environment.
- Montarroyos, D., Alvarez, C., Bragança, L., 2018. Methodology for environmental assessment in Antarctic buildings. *Environ. Impact Assess. Rev.* 73, 104–113. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2018.08.003>.
- Morgan, R., 2012. Environmental impact assessment: the state of the art. *Impact Assess. Project Apprais.* 30 (1), 5–14. <https://doi.org/10.1080/14615517.2012.661557>.
- National Academy of Sciences of Belarus, 2015. Construction and operation of Belarusian Antarctic research station at mount Vechernyaya, Enderby Land. In: Final Comprehensive Environmental Evaluation.
- National Centre for Antarctic and Ocean Research, 2010. Final Comprehensive Environmental Evaluation of New Indian Research Station at Larsemann Hills, Antarctica.
- Ortolano, L., Shepherd, A., 1995. Environmental impact assessment: challenges and opportunities. *Impact Assess.* 13 (1), 1995.
- Polar Research Institute of China, 2014. Proposed Construction and Operation of a New Chinese Research Station, Victoria Land, Antarctica. Draft Comprehensive Environmental Evaluation.
- Salamanca, Á.E., 2018. Stakeholders' manipulation of environmental impact assessment. *Environ. Impact Assess. Rev.* 68, 10–18. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2017.10.003>.
- Secretariat of Antarctica Treaty (SAT), 2016a. Environment Protocol - Annex I: Environmental Impact Assessment.
- Secretariat Of Antarctica Treaty (SAT), 2016b. Protocol on Environmental Protection to the Antarctic Treaty.
- Secretariat Of Antarctica Treaty (SAT), 2017. EIA Database.
- Shan, M., Hwang, B., 2018. Green building rating systems: global reviews of practices and research efforts. *Sustain. Cities Soc.* 39. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.02.034>.
- Tarasenko, 2009. Environmental impact assessment in Antarctica: application of the “minor or transitory impact” criterion. In: ANTA 502: Review.
- Tin, T., Fleming, Z., Hughes, K., Ainley, D., Convey, P., Moreno, C., Pfeiffer, S., Scott, J., Snape, I., 2009. Impacts of local human activities on the Antarctic environment. *Antarct. Sci.* 21, 3–33. <https://doi.org/10.1017/S0954102009001722>.
- Toro, J., Requena, I., Duarte, O., Zamorano, M., 2013. A qualitative method proposal to improve environmental impact assessment. *Environ. Impact Assess. Rev.* 43 (2013), 9–20. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2013.04.004>.

***ANEXO II - METHODOLOGY FOR ENVIRONMENTAL ASSESSMENT IN
ANTARCTIC BUILDING***



Methodology for environmental assessment in Antarctic buildings

Dielly Christine Guedes Montarroyos^{a,*}, Cristina Engel de Alvarez^b, Luís Bragança^a

^a Department of Civil Engineering, University of Minho Portugal, Campus de Azurém, 4800-058 Guimarães, Portugal

^b Laboratório de Planejamento e Projetos, UFES, Brasil, Av. Fernando Ferrari, 514, Room 7, Vitória - Espírito Santo 29075-910, Brazil



1. Introduction

Antarctica, known as the most remote, coldest, windiest, driest, highest, most desert and least inhabited land, presents some of the worst conditions of habitability on the planet, and stands out for its environmental vulnerability and scientific importance (Alvarez, 2014).

It is known that the Antarctic continent is the site of scientific research, whose results have global implications (Dodds et al., 2017). Researches in the areas of the marine environment, environmental and climate changes and forecasts, and soil investigations that may lead to significant pharmacological discoveries (Dodds et al., 2017) are examples of the above mentioned. It is worth remembering that the inhospitable conditions, environmental fragility, and isolation will further encourage the research in the area of construction. These studies generally rely on the continued human presence on the site and require that the environment remains without interference that could endanger the fragile Antarctic ecosystem (Alvarez, 2014). Thus, it is extremely important to achieve a balance between the interests that attract humans to Antarctica and the impacts that may be caused by the human presence there (Bargagli, 2005).

Currently, there are few areas on the planet that have not yet been altered by humans - called inviolate areas - which, in addition to being rare, are valuable to the scientific world (Hughes et al., 2011).

Therefore, in accordance with the scientific importance and the desire to preserve the continent, 29 countries signed the Protocol on Environmental Protection to the Antarctic Treaty. This document is used as a reference and leads the participant countries to conduct Environmental Impact Assessments (EIA) for all Antarctic activities and to prioritize environmental discussions, treating, among other aspects, the prohibition of mineral resource activities, and declaring the Antarctica as a scientific territory with strict environmental protection legislation (Secretariat of the Antarctic Treaty. SAT, 2016a, 2016b).

Besides the Protocol, the Antarctic Treaty Consultative Meeting's (ATCM) have also established guidelines and resolutions to effectively assess the environmental impacts. In these documents, in particular on the Resolution 1 named "Guidelines for Environmental Impact Assessment in Antarctica", the ATCM suggested a method to analyze impacts by identifying environmental aspects: nature, extent, intensity, duration, significance and effect of the impact (Secretariat of the

Antarctic Treaty. SAT, 2016a, 2016b). Noting that most of the environmental assessments conducted in accordance with the Protocol, annexes or resolutions, assess only the mandatory issues or the main impact factors and sources.

Considering that Antarctica is an area of environmental protection, all impacts at any level on the environment must be foreseen, and those documents should present strategies to avoid them. Despite being legally protected by the Protocol, among other legislations, the growing number of buildings and individuals interested in the continent (i.e. tourists and researchers) increases the threats to the ecological integrity and vulnerability of protected areas (Shaw et al., 2014). The content of the Environment Protocol mentions a guarantee of the implementation of constructions with adequate solutions to minimize environmental impacts. As yet, there are no effective guidelines for the development of sustainable projects for new scientific stations, containing generic recommendations, and little or no input in the design process (Montarroyos et al., 2015). Thus, each nation has been free to set its own assessment criteria and priorities.

Antarctica is an inhabited area of interest and environmental protection, there are no regulatory instruments directed for sustainable practices in the construction guidelines for the planning and execution in low environmental impact. The combination of strict environmental protection and high scientific value of the Antarctic territory imply more effectiveness in the project planning and execution of constructions. In many countries, the assessment tools are considered active instruments for the production of sustainable buildings. The tools can measure levels of sustainability promoting improvements in the building performance and in the user's life quality, and reducing costs and environmental impacts (Ali and Al Nsairat, 2009). Given the specific conditions of each region in which a building is located, most tools have been structured for specific locations and cannot be reproduced in other settings (Alyami and Rezgui, 2012). The tools comprise numerous indicators that are adapted to the characteristics of the assessed location, and their combination with their corresponding weights is one of the adopted strategies for conducting site-specific assessments.

Recognizing that the use of assessment tools by a number of countries has contributed to more sustainable buildings (Kibert, 2012), and that there are no specific assessment tools for the Antarctic context, indicators for the assessment of environmental issues can assist in the

* Corresponding author at: Av. Fernando Ferrari, 514, Room 7, Goiabeiras, Vitória – Espírito Santo 29075-910, Brazil.

E-mail addresses: dielly.christine@faesa.br (D.C.G. Montarroyos), cristina.engel@ufes.br (C.E. de Alvarez), braganca@civil.uminho.pt (L. Bragança).

planning and construction of buildings aimed at eliminating or mitigating the negative effects of human occupation on the continent.

In Antarctica, the factors that interfere with the design process of infrastructures include: area covered by ice; water in a solid state; extremely low temperatures; low precipitation rate; low level of absolute humidity; long periods of absence of sunlight; strong winds; energy originating from fossil fuels; flora and fauna sensitive to human interventions; high radiation rate; absence of local materials, trained workers and equipment; geographic distance from other continents; reliance on logistics systems; environmental susceptibility to waste disposal; climatic variations; absence of monetary system; and sensitivity to emissions of harmful substances (Montarroyos et al., 2015).

In accordance with the atypical characteristics of the place, these factors can contribute to set relevant sustainability indicators and their weights for developing projects. Knowing that this site requires the application of concepts that differ from those traditionally adopted in urban areas underlines the need for a more effective implementation.

Note that the sustainability indicators appropriate to highly populated urban centers do not apply to areas of environmental interest. Certain aspects of great importance to the “Land of Superlatives” may be negligible in urban areas; the reverse situation may also occur.

The development of assessment tools specifically focused on the Antarctic context may allow the improvement of existing buildings, stimulate the precautionary principle in natural resource management, as well as induce preventive measures related to the production and destination of waste, the protection of soil, water, atmosphere and species affected by human occupation.

Moreover, the proposal of an assessment methodology, considering specific indicators and weights for Antarctica, can contribute to abide by the current international protocols. Furthermore, these indicators serve as an instrument for the development of design guidelines for the construction of environmentally-responsible buildings. Hence, the presented research aims at proposing an environmental assessment methodology for planning and project phases of Antarctic scientific stations.

2. Methodology

According to Andrade and Bragança (2016), for the development or adaptation of a sustainability assessment method of the built environment, the process starts from the recognition of the specific characteristics of the place or region, and such information is generally used in all stages, from the selection of the indicators until the definition of the weights of each one.

It is worth mentioning that the assessment tools are composed of categories, criteria, and indicators that seek to align with the issues inherent to the global concept of sustainability, respecting the local characteristics (Mateus and Bragança, 2011). However, there is no consensus in the meaning of the nomenclatures used in the several assessment methods and tools (Wallhagen et al., 2013). So, for the present work, the meanings are adopted according to the ones presented in Table 1.

To achieve the aimed results, authors organized this study according

Table 1
Nomenclature and definitions.

Nomenclature	Definition	Example
Category	Set or combination of indicators	Water
Criteria	Performance required for the achievement of a goal	Water use in building systems
Indicator	Variables that condense the relevant information for evaluations. It allows quantifying and evaluating compliance with the associated criteria.	Use of water-saving equipment and/or use of rainwater storage systems

to the following steps: 1) Establishment of environmental indicators for construction of new scientific stations; 2) Verification of the relevance of each indicator; 3) Weighting from the Environment Protocol viewpoint; and 4) Definition of weights.

2.1. Step 1 – Defining environmental indicators

The initial research had as objective the bibliographical review for the contextualization of the Antarctic environment. The review includes the Protocol, resolutions, EIAs, ATCM documents, article, thesis and dissertations, from 1991 until 2018, related to Antarctica environment, sustainable buildings and environmental impacts of the construction activities in Antarctica. The review contributed to the definition of adjusted indicators to the continent for the construction of scientific stations, through the survey of environmental restrictions, in addition to the limiting factors and potential of Antarctica and, afterwards, the insertion of data in the analytical structure Pressure-State-Response (PSR). The PSR structure is characterized by a dynamic analysis in which the cause, the effect, and the possible mitigating or compensatory measures can be identified for a given situation. It can be adapted and, given the flexibility that it presents, this analytical structure has undergone changes, such as the Driving force-State-Response (DSR) and the Driving force-Pressure-State-Impact-Response (DPSIR), to be used for many other purposes (Organization for Economic Cooperation and Development. OECD, 2003).

Therefore, for the use of the PSR in this research, it was necessary to make an adjustment on the incompatibility of the structure with the specificities inherent in Antarctica. The adequacy of the analytical structure was accomplished through the adaptation of the Pressure and of the State usual conditions, as they do not represent the reality of a preservation area, in which its fragility does not allow environmental pressures or changes in the environment state throughout the construction activities, use and disassemble of buildings. Thus, the analytical framework was adapted and the analysis elements considered were State-Pressure-Response or SPR.

The SPR analytical framework represents a cycle that describes the pressures caused by the construction activities and possible solutions. The process of analysis of the response elements of the analytical framework also contributes to enriching the data, as it enables new solutions and techniques to be proposed; thus, this framework exhibits potential temporary adequacy.

The State generates one or more responses that could also function as an indicator for the design guidelines for Antarctic buildings, as exemplified in Table 2. The answers generated the indicators named as List 1.

In parallel to List 1 of SPR indicators, a review of selected sustainability indicators from the Sustainable Building Tool (SBTool) was carried out. SBTool was chosen as the main source of indicators because it is worldwide recognized as the first assessment method and global tool specially developed to be adapted in other regions (Andrade and Bragança, 2016).

SBTool covers a wide range of issues and more than 100 criteria. The system allows third parties to modify as desired and change weighting parameters according to specific context factors. For that matter, the basis of the SBTool weighting system presents pre-set values related to extend, duration and intensity of the potential effect. An authorized user can change those values up or down to 10% to adapt the tool for local context (Larsson and Bragança, 2012).

In this methodology, SBTool was used to provide Antarctica-specific indicators. Considering the broadness of the SBTool framework for the identification of the indicators compatible to the Antarctic context, the selection of indicators was made taking into account the prerequisites of adaptability and vulnerability as follows:

1) Adaptability, ability of an indicator to change according to Antarctica's reality; and 2) Sensitivity to changes, given the importance of building adaptability over the years in environmentally vulnerable

Table 2
SPR analytical structure adapted from PSR.

Typology	Original definition (directly related to environmental issues)	Study-adjusted definition (directly related to the built environment)	Example
S - State	Characterized by physical, biological, or chemical states of the environment resulting from environmental pressures	Characterized by the state of the environment, environmental conditions, and the physical, chemical, biological, or geographic events that limit the construction of buildings in Antarctica	Wind speed
P - Pressure	Describes the environmental pressures caused by human actions	Describes the possible pressure that the state of the Antarctic environment can cause on buildings and users and the possible pressure that buildings can cause on the environment	Accumulation of snow on the building facade that blocks the flow of the prevailing wind
R - Response	Responses to proposed design decisions that help to eliminate or mitigate the effect that can be caused by construction	Responses to proposed design decisions that help to eliminate the pressure caused by buildings	Design of aerodynamic shapes that enable the free flow of wind and prevent the accumulation of snow and ice

Reference (Montarroyos et al., 2015)

and sensitive areas (Protocol's scope of duration and intensity).

This selection allowed the indicators used in urban areas to be adapted to the Antarctic reality, resulting in the indicators of List 2.

After the creation of Lists 1 and 2, a separate analysis of each pre-defined list was performed to identify similarities and differences. The indicators were organized based on the three basic dimensions of sustainability – environmental, social, and economic –, and categorized into topics and subtopics according to the SBTool framework. The arrangement of these two lists allowed the definition and formulation of the indicators adapted to Antarctic context.

2.2. Step 2 – Relevance verification

Considering the need to evaluate if the indicators proposed would be understood and useful to architects and engineers when planning and constructing sustainable buildings in Antarctica, a survey was sent to Antarctica's researchers (9 architects, 4 engineers and 1 Logistics manager) to check the relevance of each indicator for future definition of weights.

It is important to note that the number of top-level professionals linked to the development of projects for buildings in Antarctica available to participate in this research is small, however, all of them answered the survey.

The selection of the respondents was made considering those who effectively work or have worked in Antarctica and that, somehow, have had contact with activities related to research in Antarctic research stations.

Respondents should rate the level of importance or Indicator Score (IS) for each indicator using a scale of 0 to 3: 0 - irrelevant; 1 - not very relevant; 2 - relevant; and 3 -very relevant. In case of not understanding the meaning of the indicator, an alternative answer of “not understood” was proposed, as well as an open field for description of contributions and suggestions. In addition, the answers from the respondents that indicated “not understood” were excluded.

For the individual weighting, indicators of greater and minor relevance were assessed through the weighted average and the higher frequency of the scores. For a general analysis, the relevance values assigned by researchers were inserted in an organizational structure. It was possible to distinguish, by categories and criteria, indicators with higher percentages of “great relevance”, “minor relevance” and/or “not clear”. Furthermore, in order to get the weighted averages of each item, such data were represented in this research as values of the Relevance of the Indicator (RI) and Relevance of the Category (RC).

Having the data, the index RI was obtained through the sum of the Indicators Score divided by the Number of Researchers (NR) who understood each indicator, as shown in Eq. (1).

$$RI = \frac{\sum IS}{QNR} \quad (1)$$

The Relevance of the Category (RC) is the ratio of the averages produced by indicators that make up the categories divided by the

number of indicators in each category, as shown in Eq. (2).

$$RC = \frac{\sum RI}{QNI} \quad (2)$$

RI = Relevance of the Indicator.

QNI = number of indicators in each category.

Thus, in this preliminary step, the evaluation scores given by 14 respondents served as the basis for the exclusion of irrelevant indicators and the calculation of the coefficients of the Relevance of the Indicator (RI) and the Relevance of the Category (RC).

2.3. Step 3 – Weight from the protocol on environmental protection viewpoint

The first concerns about the negative impacts of human activities on the Antarctic environment and ecosystems were expressed by the Antarctic Treaty in 1961. However, only in the Protocol on Environmental Protection, agreed by the participating nations in 1991, an attempt to control and manage the activities on the continent was made, with special emphasis on possible environmental impacts. In the protocol, the ATCM agreed to provide guidelines, among other documents, to assist the parties in assessing environmental impacts in Antarctica (Secretariat of the Antarctic Treaty. SAT, 2016a, 2016b).

As a result, this step 3 has included the assessment and identification of the environmental impacts of the construction activities according to the Protocol on Environmental Protection to the Antarctic Treaty. The Protocol requires that the human activities in the Antarctic Treaty area should be organized and carried out in such a way as to avoid the following: negative effects on climate or climate patterns; significant negative effects on air or water quality; significant changes in the atmospheric, terrestrial, glacial and marine environments; harmful changes to the distribution, quantity or reproductive capacity of species or populations of animal and plant species; the additional risks for endangered or threatened species or populations of animal and plant species; and the degradation or serious risk of degradation of areas with special biological, scientific, historical, aesthetic or natural significance (Secretariat of the Antarctic Treaty. SAT, 1991).

Besides the Environment Protocol, the Resolution 1 also states that during the planning and conduct of Antarctic activities the nature, extent, duration, intensity and the possible areas of impacts of these activities on the ecosystem are made explicit, informing the influence of each activity on the climate, air quality, soil, water and local species. In addition, these documents require effort to predict the effect and significance of the impact (Secretariat of the Antarctic Treaty. SAT, 2016a, 2016b).

In agreement with the content of the Protocol and Resolution 1, to adapt the framework to local context, SBTool also establishes pre-set values based on nature, extend, duration and intensity. Considering future adaptation of SBTool to Antarctica, the proposed methodology focus on the requirements by evaluating the influence of each activity on the environment and predicting all effects and significance of the

Table 3
Direct and Indirect Impact Area.

Values	Classification	Explanation	Example of impact
1,0	Direct impact	The non-attendance of an indicator may cause interference in environmental values	The non-existence of liquid waste treatment systems can cause water pollution
0,5	Indirect impact	The non-attendance of an indicator may cause secondary reactions in relation to the initial interference.	The water pollution can cause decrease in marine population

indicators evaluated in the previous step. In order to quantify the data, as well as provide weights to the indicators, the variables Impact Area (IA) and Impact Degree (ID) were used.

The Impact Areas (IA) represent the effect of the impact on the environment (climate, air, ground, water and ecosystem). The IA is subdivided into two categories: direct impact and indirect impact. It is understood as area of direct impact the area where the relation of cause and effect is direct, that is to say, it is the territorial portion directly affected by the action that caused the interference in the environment. The indirect impact area is the one that is affected by a secondary reaction in relation to the initial action causing the impact (Glasson et al., 2012). For the weighting process, one point was assigned for each Direct Impact Area and half a point for each Indirect Impact Area (Table 3).

It should be noted that the primary system of SBTool assigns one point for each directly affected area, thus obtaining a scale of one to five (Larsson, 2015). For this research, it was decided to maintain the same system of SBTool, adding the values of indirect impacts in order to consider the additional effects on the established areas. To do so, half the value of the direct impacts was assigned to the indirect impacts. Each indicator obtained a scale between 0 (does not interfere in any area) to 5 (directly interferes in all the impact areas).

The Impact Degree (ID) establishes a classification of the indicator as to the significance of the impact. According to the Environment Protocol and Resolution 1, this can be defined as: i) less than a minor or transitory impact; ii) minor or transitory impact; or iii) more than a minor or transitory impact. For the quantification of the Level of Impact, values from 1 to 2 were assigned to the Impact Degree, as shown in Table 4.

Thus, to obtain the Level of Impact (LI) of an indicator in the Antarctic environment, the Impact Area (IA) and the Impact Degree (ID) were multiplied.

The multiplication followed the same principle of the SBTool weighting system where, in order to obtain the weights of each indicator, the values related to intensity, duration and extension are multiplied (Larsson, 2015).

In this work, the values of the Impact Area and the Impact Degree were defined so that the product or resulting Level of Impact was represented in a scale of 1 to 10. Therefore, according to the above explained, a score equal to 1 for the Level of Impact means that neglecting an indicator may present minor or transitory impact on just one area of impact. A score equal to 10 for the Level of Impact means that neglecting such indicator can cause more than a minor or transitory impact in all the 5 areas established by the Protocol (climate, air quality, soil, water and local species), which can cause harmful alterations to

Table 4
Grading of the Impact Degree (ID).

Values	Classification	Explanation
1	Less than a minor or transitory impact	Impact of shorter duration, in which its execution or repetition does not entail changes in the natural configuration and no mitigating measures, repairs or evaluations are necessary.
1,5	Minor or transitory impact	Impact of short duration that does not change the natural configuration of the environment. In this case, there may be mitigating measures, but there are no requirements for recovery and/or evaluation measures.
2	More than a minor or transitory impact	Impact of short or long duration that changes the natural configuration of the environment and/or violates international agreements. Consequently, there is a requirement for recovery, assessment and/or repair measures.

Reference Secretariat of the Antarctic Treaty. SAT (2016a, b).

the natural Antarctic environment.

2.4. Step 4 – Weight definition

In accordance with Lee and Burnett (2006) and Bissoli et al. (2016), the establishment of weights and weighting systems for sustainability assessment tools is carried out through structured surveys or detailed analysis of public policies such as Agenda 21.

Based on this information, the levels of relevance of each item of the tools are verified and weights are considered compatible with the significance of each question. The relevance levels of each item are verified, e.g. SBTool, and weights consistent with the significance of each issue are established. The weighting systems are usually supported by the information obtained during the formulation process of the method. To quantify the relevance of each item mathematical expressions, equations, and algorithms are used.

To define the weights in this work, the values of the Level of Impact (LI), as well as the relevant coefficients obtained in the previous step, were inserted in Eq. (3), based on the principles established by Shamseldin (2016).

$$WI = \frac{LI}{RI} \times RC \tag{3}$$

Where:

WI = Weights of indicators.

LI = Level of Impact.

RI = Relevance of the Indicator.

RC = Relevance of the Category.

The results obtained for the weights of the indicators were analyzed and compared with the importance given to the environmental issues discussed in the reports of the scientific stations built in Antarctica. These reports, available on the official website of the Secretariat of the Antarctic Treaty, aim at disseminating the available information about construction activities in Antarctica and establish a collaborative platform for the environmental protection knowledge development (Secretariat of the Antarctic Treaty. SAT, 2016a, 2016b).

The content of those reports contributed to analyze the compatibility between the results obtained and the main concerns about the environmental impacts caused by buildings, from the point of view of different Nations.

3. Results

The methodological steps previously defined allowed to obtain indicators and the definition of their respective weights adjusted to the

Antarctic reality. To this end, the results are organized and presented in following steps: 1) definition of the list of environmental indicators; 2) verification of indicators; 3) weights from the Environment Protocol viewpoint; and 4) definition of proposed weights and comparison.

3.1. Definition of the list of environmental indicators

An assessment procedure is based on indicators and benchmarks, hence derived from a process in which the main factors are identified and weighed (Bragança et al., 2010). In other words, for the definition of criteria and indicators, local issues that influence the process of construction and the possible impacts that these constructions may have on the environment are raised.

In the context of Antarctica, the main constraints that influence the construction process of buildings are: solid state water; very low temperatures; low precipitation index; low absolute humidity content; long periods of absence of sunlight or solar radiation; strong winds; energy from fossil fuels; fauna and flora vulnerable to human intrusion; absence of local raw materials; difficulty of skilled labor; absence or deficiency of support equipment for buildings and maintenance; geographical distance from other continents; dependence on logistics systems; environmentally protected site; environmental vulnerability to waste disposal; rapid weather variations; and vulnerability to emissions of harmful substances. In addition, aspects that emerge as difficult to measure and that do not cause pollution or generate waste, but have an aggregate environmental value, such as the landscape and the soundscape should also be considered.

In possession of the factors that impact on the construction process of buildings in Antarctica, their insertion in the SPR framework resulted in a list of answers and guidelines, which have contributed to the formulation of indicators in accordance with the specificity of the Antarctic environment (List 1). Arranging them according to categories, the indicators related to environmental impacts inherent to the materials presented a significant number. Considering that the indicators are the responses to the pressures caused by environmental restrictions, the organizational framework allows to conclude that pressure caused by materials are the issues of higher pressure in the process of construction of buildings.

The analytical framework SPR represents a cycle of understanding of the pressures caused by constraints in the construction and the reflection about possible solutions. By analyzing the local issues of greater influence in the buildings, it came out that the aspects related to logistical difficulties and the aggressiveness of the Antarctica environment resulted in a larger number of indicators.

In parallel with the SPR framework, the List 2 established the selection of indicators present in the SBTool assessment tool relevant to the design and construction in Antarctica. The prerequisites of adaptability and vulnerability to changes led to the identification of 37 indicators that could contribute as environmental guidelines for buildings in Antarctica. The grouping of two lists, with the exclusion of similar indicators, resulted in a set of 57 environmental indicators (Table 5).

The observed divergence between the indicators coming out from the SPR framework and the indicators established in the assessment tools is in line with the theoretical assumption that justifies the development of this research. Environment assessment methods are essentially targeted at buildings inserted in an urban context, with less stringent environmental restrictions, in addition to infrastructure, resources and systems available.

Therefore, due to the completely distinct situation, it was expected that the indicators related to environmental vulnerability in Antarctica would not be fully represented by SBTool, requiring a specific methodology for the environmental assessment of buildings on the continent.

An analysis of the categories listed in Table 5 shows that the category “Relationships between building and surroundings” in Antarctica include indicators especially related to the susceptibility of the site, with measures which are, mostly, to avoid interference in soil and

Table 5
Number of environmental indicators resulting from the combination of List 1 and List 2.

Dimension	Category	Number of indicators		
		List 1	List 2	Final List
Environmental	Interactions between the building and its surroundings	8	3	9
	Water	6	3	6
	Energy	5	5	7
	Materials	12	15	21
	Waste	6	6	7
	Environmental Loads	2	7	7
Total		40	37	57

biodiversity as well as encouraging the deployment of building in areas of less ecological value, or non-virgins.

As for the categories “Water” and “Energy”, although in Antarctica, of course there are no public water supply systems or energy – water is obtained from water bodies or thaw and energy from generators or batteries – there is the same concern in Antarctica and in traditional urban areas in relation to the optimization and efficiency of systems with strategies to minimize the impacts of water and energy consumption.

In the “Materials” category, most of the indicators intended to minimize the effect of the environmental restrictions on Antarctic buildings. Thus, the demand for more sustainable materials influences not only the environment but also the durability and performance of the building.

The indicators of “Waste” and “Environmental Loads” provide specific strategies for Antarctica, where the deposition of waste and emissions of pollutants can assume great proportions, undermining the environmental balance and the scientific research that have been carried out on the continent.

The final ratio of proposed indicators has undergone the validation process for verification of relevance and feasibility through consultations and interviews with professionals linked to construction activities in Antarctica.

3.2. Verification of indicators

The development of an assessment tool necessarily takes into consideration the assessment and verification of the proposals by experts and professionals whose field of expertise is the effects and impacts of construction in the area where it is built. These professionals, in addition to being responsible for identifying the degree of significance of each item (Fekry et al., 2014), contribute to the development of instruments for the evaluation of a building, verification of indicators and may also add specific knowledge, desirable for obtaining better results.

The participation of the experts contributed to the achievement and corroboration of the final list with 57 environmental indicators. It is worth mentioning that one of the main results was the definition of the relevant indexes of categories Relevance of Categories (RC) and the Relevance of Indicators (RI).

According to the results of the collaboration from the experts about the RC values (Fig. 1), the category “Waste” obtained greater relevance indexes (average of 2.78) followed by the categories “Energy”, “Relationships between building and surroundings” and “Environmental Loads” (averages of 2.74, 2.69 and 2.66, respectively), while the lowest rates were registered in the categories Materials (2.46) and Water (2.45).

Regarding the results of the RI (Fig. 2), within the category “Waste”, the following indicators stand out: 45 “Generation of non-organic solid waste in step of use/operation” and 50 “Security for storage of hazardous wastes”. Still, another environmental indicator that had high RI was the number 8, “Measures to isolate areas with pollution potential”,

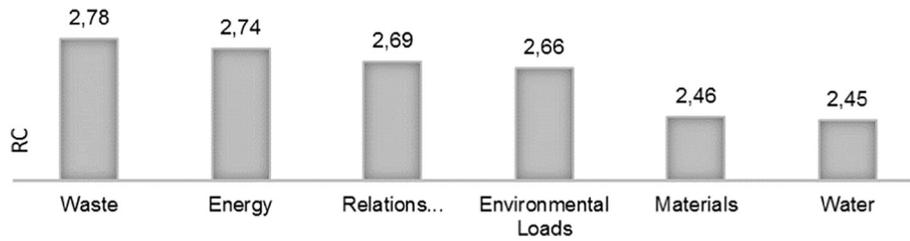


Fig. 1. Relevance of the Category values (RC).

also directly related to the contamination of the Antarctic environment. The highest score for “Energy” category was for the indicator 20 “Energy efficiency determined by envelopment” (Fig. 2).

With these results, it can be concluded that the researchers considered the construction waste the biggest factor of concern with respect to the sustainability of Antarctica.

Regarding the indicators with the highest rate of rejection by researchers, the following indicators stand out: number 10 “Presence of water in liquid form”; number 15 “Use of black water reuse systems”; number 32 “Use of reused material or recycled items from existing buildings”; and number 35 “Amount of drinking water consumed in production stage”.

The rate of the indicator number 10 is due to the abundant presence of potable water on the continent and because most of the consulted experts have their experience with buildings along the coast, where the presence of water in liquid form is more abundant. The rejection rate of indicator 32 is due to the small number of buildings available for reuse of recycling, and the indicator 35 for the reason that there is no production of materials or systems in Antarctica.

On the subject of the indicator number 15, the Environment Protocol provides rules for disposal of waste in Antarctica (Annex III to the Protocol in article 5). In this matter, this rejection could be related to the duplication of a mandatory article.

3.3. Weight of categories from the environment protocol viewpoint

In Accordance with the Environment Protocol, this research included assessment procedures to measure the impacts of activities in Antarctica, by evaluating the interference intensity and the areas of direct or indirect impact. As a result, the value of Level of Impact (Fig. 3) demonstrated that the categories “Waste” (5.45) and “Energy” (5.28) showed the highest level of impact. The other categories with high level of impact were “Water” (4.79), “Relationships between the building and the surroundings” (4.59), “Environmental Loads” (4.57) and “Materials” (3.98).

From all the indicators analyzed, the ones that have obtained the highest score were the indicator “Measures to restore or maintain the original functionality of the natural environment” and the indicator “Measures to isolate areas with pollution potential”, which are indicators belonging to category “Relationships between the building and

the surroundings”.

It should be noted that the results of the presented method are in line with the international practices established by the Protocol, since the research was carried out based on the most recent reports of the new scientific stations provided by the Secretariat of the Antarctic Treaty, and showed that the major foreseen concerns in the planning of buildings in Antarctica are: atmospheric emissions; spillage of oil into water or soil; waste disposal; among other environmental impacts caused by human activity on the continent (see Table 6).

It is worth noting that the major concerns of the nations about the possible impacts of the construction of scientific stations are systematically in themes of waste and energy, in addition to the concerns about the preservation of the natural state of the Antarctic environment, which is completely in line with the highest scores of the impact level obtained for the categories and indicators analyzed in this work.

3.4. Definition of proposed weights and comparison of impacts

The weighting of the importance – or weight – of each indicator is a widely discussed issue in the processes of elaboration of assessment tools, either for the establishment of the hierarchical importance between categories or for indicators within the same category.

In this work, the weighting system was established based on the list of indicators adjusted to the Antarctica reality, taking into consideration the levels of relevance and the impact levels of indicators and categories. Eq. (3) was used for the quantification of the weight of each indicator, which takes into consideration the importance recognized by professionals, as well as the international recommendations concerning environmental protection of the continent.

The weighting calculation method establishes greater weight to the indicators that present higher Level of Impact (LI), which can be seen in Table 7 for the indicator “Presence of water in liquid form”. It is worth observing that this indicator, at the validation step, presented one of the lowest rates of relevance for Antarctic researchers, however, it obtained the highest level of impact.

For water consumption in Antarctic buildings it is essential that the resource is available in liquid form, if there is no availability or presence of water in this state, the ice must go through the processes of collection, thawing, treatment and distribution, which usually involve the burning of fossil fuel. The lack of water in liquid form or thaw lakes

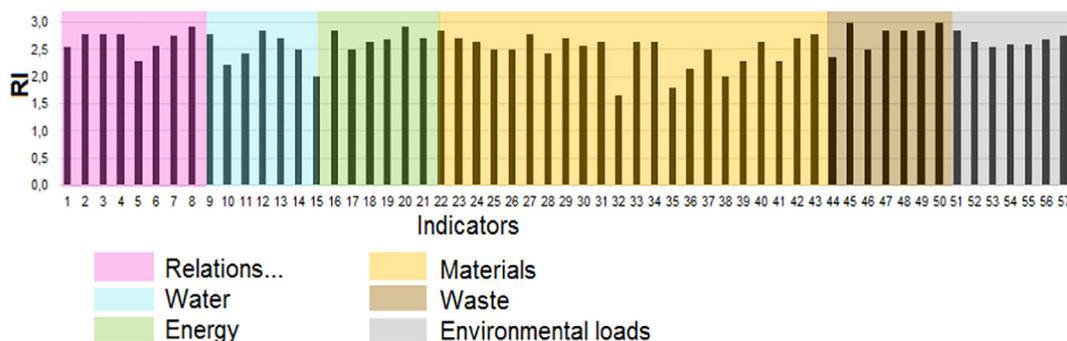


Fig. 2. Relevance of the Indicators (RI) values.

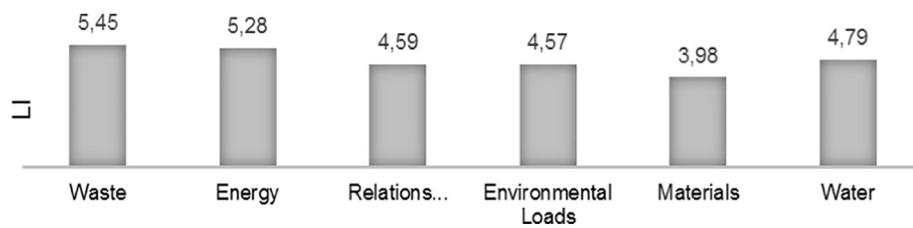


Fig. 3. Level of Impact (LI) of categories.

Table 6
Main environmental concerns of the new scientific stations in Antarctica.

Year	Scientific station	Country	Impact
2006	New Belgian research station	Belgian	<ul style="list-style-type: none"> ● Atmospheric emissions ● Fuel spills to snow or ice ● Grey water discharge
2008	New Chinese dome A station	China	<ul style="list-style-type: none"> ● Atmospheric pollutants from fuel consumption ● Risks of fuel and oil spills from fuel ● Discharge of hazardous and non-hazardous wastes ● Wastewater ● Noise from activities ● Disturbance to the local ecosystem
2011	Jang Bogo	Korea	<ul style="list-style-type: none"> ● Atmospheric emissions ● Fuel spills ● Discharge of hazardous and non-hazardous wastes ● Wastewater ● Disturbance to the local ecosystem
2013	Belarusian	Belarus	<ul style="list-style-type: none"> ● Atmospheric emissions ● Fuel spills ● Discharge of hazardous and non-hazardous wastes

Reference National Academy of Sciences of Belarus (2015), Polar research Institute of China (2014), Korea Polar Research Institute (2011) and Belgian science policy (2006).

close to buildings may represent the need for greater investment in capture/thaw systems, energy cost and possible environmental impacts by the release of pollutants during the process. Therefore, it is possible that in the validation step of this indicator, there may have been some misunderstanding in the exact sense intended, being evaluated regardless of its impact on Antarctica. This example shows that the created mathematical expression allows the analysis of the impacts not considered or misunderstood by the Antarctic researchers.

The results obtained for the weights of the categories are the following: “Relationships between the building and the surroundings” 16%; “Water” 10%; “Energy” 14%; “Materials” 30%; “Waste” 18%; and

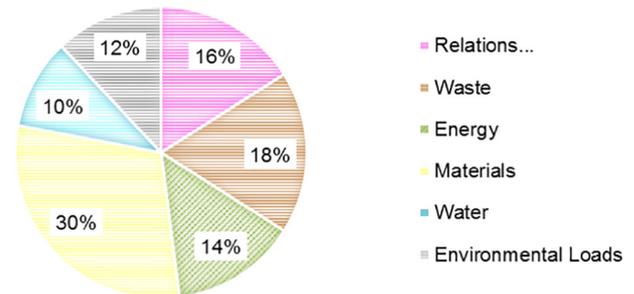


Fig. 4. Weights of categories.

“Environmental Loads” 12% (Fig. 4).

Although the indicators in the “Materials” category have lower weight, this category presents a greater overall weight, guiding the designer to understand that the selection of materials in accordance with the specific conditions of the region has an important direct impact in the preservation of the environment, in addition to the integrity of the building.

In what concerns the results obtained for each indicator (Fig. 5), the indicators of the categories “Relationships between the building and the surroundings” and “Waste” achieved greater weight, while the indicators of category “Materials” achieved lower weights. As expected, the researchers showed that the greatest concern or the most important indicator in the Antarctic environment is related to the waste from the building, while the smaller importance was given to the choice of materials.

For individual analyses of those categories, the results are shown on Table 8. Table 8 presents the lowest and the highest indicator score. As expected for an area of environmental protection, the indicators “Measures to maintain or restore the original functionality of the natural environment” and “Measure to isolate areas with pollution potential” obtained the highest score.

Because of the rate of LI, the indicator from the “Materials” category “Use of vibration-resistant materials” obtained the lowest score. In this case, it is worth mentioning that the direct and indirect impact of the

Table 7
Weighting results of “Water” category.

Indicator	RI	RC	Impact area (IA)					ID	LI	WI	
			a	b	c	d	e				
Water											
Presence of liquid water	2,21	2,45		1	1	0,5	0,5	1,5	4,50	2,47	
Distance to bodies of water	2,43	2,45			1		1	1,5	3,00	1,5	
Existence of water-saving equipment	2,86	2,45				1		1,5	1,50	0,64	
Existence of systems for identification and prevention of leaks and waste	2,71	2,45			1	1	0,5	1,5	3,75	1,68	
Use of grey water reuse systems	2,50	2,45			1	1	0,5	1,5	3,75	1,82	
Use of black water reuse systems	2,00	2,45				1	1	0,5	1,5	3,75	2,27

Impact areas: a - Climate; b - Air; c - Ground; d - Water; e - Ecosystem.

RI - Relevance of the Indicator.

ID - Impact degree.

RC - Relevance of the Category.

LI - Level of Impact in a scale of 1 to 10.

IA - Impact Area.

WI - Weight of indicator expressed in percentage.

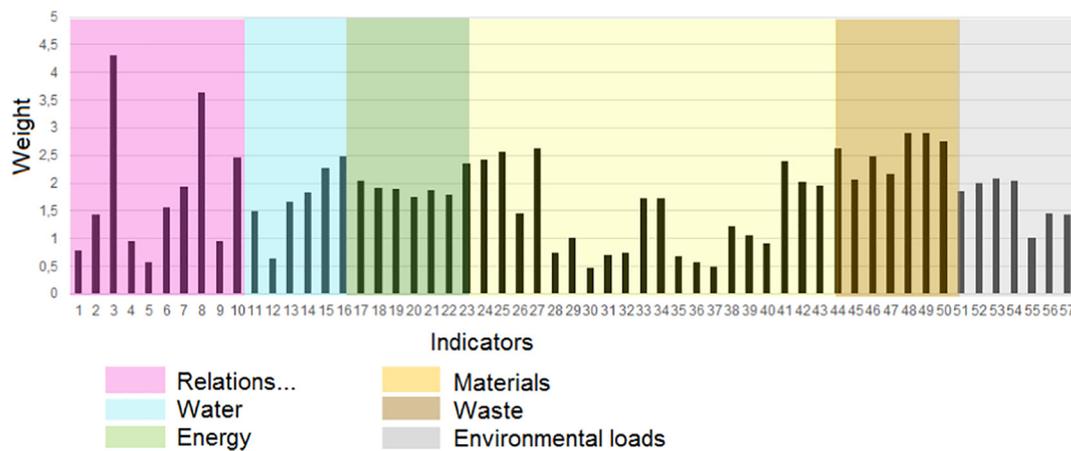


Fig. 5. Weigh of each indicator.

Table 8
Weighting results of “Relations between the building and the surroundings”, “Materials” and “Waste” categories.

Indicator		RI	RC	Impact area (IA)					ID	LI	WI
				a	b	c	d	e			
Relations	Procedures for mitigating the sound pressure level of equipment	2,54	2,69					1	1,5	1,5	0,79
	Construction techniques without soil/ice interference	2,79	2,69			1		0,5	2	3,0	1,44
	Measures to maintain or restore the original functionality of the natural environment	2,79	2,69	0,5	1	1	1	1	2	9,0	4,31
	Level of human interference on local area	2,79	2,69			1			2	2,0	0,96
	Design in harmony with the landscape	2,29	2,69					1	1	1,0	0,58
	Aerodynamic shape	2,57	2,69			1		1	1,5	3,0	1,56
	Containment of biological materials in controlled room	2,75	2,69			1		1	2	4,0	1,94
Materials	Measure to isolate areas with pollution potential	2,93	2,69	0,5	0,5	1	1	1	2	8,0	3,64
	Inference on fauna and/or flora	2,79	2,69					1	2	2,0	0,96
	Use of materials with long life cycle and minimal maintenance requirements	2,71	2,46		1	1	1	0,5	1,5	5,3	2,36
	Measures to facilitate the replacement of parts, future demolition and/or the potential for reuse/recycling	2,64	2,46		1	1	1	0,5	1,5	5,3	2,42
	Use of flexible/adaptable building materials	2,50	2,46		1	1	1	0,5	1,5	5,3	2,56
	Use of protective packaging for transport that enable reuse/recycling	2,50	2,46			1	1	1	1	3,0	1,46
	Use of fire-resistant materials	2,79	2,46	1	1	0,5		0,5	2	6,0	2,63
	Protective measures against ultraviolet (UV) rays for materials for outdoor use	2,43	2,46			1			1,5	1,5	0,75
	Use of wind pressure-resistant materials and systems	2,71	2,46			1		0,5	1,5	2,3	1,01
	Use of vibration-resistant materials	2,57	2,46			1			1	1,0	0,48
	Protective measures against corrosion for materials for outdoor use	2,64	2,46			1			1,5	1,5	0,69
	Use of reused material or recycled items from existing buildings	1,64	2,46			1			1	1,0	0,74
	Use of modular, pre-fabricated, or fast-execution items	2,64	2,46		0,5	1	0,5	0,5	1,5	3,8	1,73
	Use of flexible/adaptable building systems	2,64	2,46		0,5	1	0,5	0,5	1,5	3,8	1,73
	Amount of drinking water consumed in production stage	1,79	2,46					1	1	1,0	0,68
	Amount of drinking water consumed in construction stage	2,14	2,46					1	1	1,0	0,57
	Amount of drinking water consumed in maintenance stage	2,50	2,46					1	1	1,0	0,49
Amount of energy consumed in production stage	2,00	2,46	0,5	0,5	1			1	2,0	1,22	
Amount of energy consumed in construction stage	2,29	2,46	0,5	0,5	1			1	2,0	1,07	
Amount of energy consumed in maintenance stage	2,64	2,46	0,5	0,5	1			1	2,0	0,92	
Amount of toxic waste generated in production stage	2,29	2,46			1	1	1	1,5	4,5	2,4	
Amount of toxic waste generated in construction stage	2,71	2,46			1	1	1	1,5	4,5	2,02	
Amount of toxic waste generated in operation stage	2,79	2,46			1	1	1	1,5	4,5	1,97	
Waste	Generation of solid, non-organic waste during construction	2,36	2,78			1	1	1	1,5	4,5	2,63
	Generation of non-organic solid waste in step of use/operation	3,00	2,78			1	1	1	1,5	4,5	2,07
	Generation of solid, non-organic waste during decommission or demolition	2,50	2,78			1	1	1	1,5	4,5	2,48
	Generation of liquid waste during use/operation	2,86	2,78			1	1	1	1,5	4,5	2,17
	Use of liquid waste treatment systems	2,86	2,78			1	1	1	2	6,0	2,89
	Implementation of facilities to store and sort solid waste	2,86	2,78			1	1	1	2	6,0	2,89
Security for storage of hazardous wastes	3,00	2,78			1	1	1	2	6,0	2,76	

Impact areas: a - Climate; b - Air; c - Ground; d - Water; e - Ecosystem.

RI - Relevance of the Indicator.

ID - Impact degree.

RC - Relevance of the Category.

LI - Level of Impact in a scale of 1 to 10.

IA - Impact Area.

WI - Weight of indicator expressed in percentage.

Table 9
Weighting results of “Energy” and “Environmental Loads” categories.

Indicator	RI	RC	Impact area (IA)					ID	LI	WI	
			a	b	c	d	e				
			Energy	Renewable energy systems as a basis for energy buildings	2,86	2,74	0,5				1
	Estimated annual energy consumption per occupant in kWh/m ² during summer	2,50	2,74	1	1	0,5			1,5	3,8	2,04
	Estimated annual energy consumption per occupant in kWh/m ² during winter	2,64	2,74	1	1	0,5			1,5	3,8	1,93
	Estimation of energy expenditure by equipment	2,69	2,74	1	1	0,5			1,5	3,8	1,89
	Energy efficiency determined by the building envelope	2,92	2,74	1	1	0,5			1,5	3,8	1,74
	Energy efficiency determined by the heating system	2,71	2,74	1	1	0,5			1,5	3,8	1,88
	Existence of energy-saving equipment	2,86	2,74	1	1	0,5			1,5	3,8	1,78
Environmental loads	ODP emissions (kg CFC-11)	2,85	2,66	1	1				2	4,0	1,85
	CO2 emissions (Kg CO2)	2,64	2,66	1	1				2	4,0	2,00
	SO2 emissions (Kg SO2)	2,54	2,66	1	1				2	4,0	2,08
	POCP emissions (kg C2H4)	2,58	2,66	1	1				2	4,0	2,04
	EP emissions (Kg PO4)	2,60	2,66				1		2	2,0	1,02
	Use of building systems, materials, and equipment that assurance low production of atmospheric emissions	2,69	2,66	1	1				1,5	3,0	1,47
	Actions to ensure that maintenance procedures generate minimal VOC	2,75	2,66	1	1				1,5	3,0	1,44

Impact areas: a - Climate; b - Air; c - Ground; d - Water; e - Ecosystem.

RI - Relevance of the Indicator.

RC - Relevance of the Category.

IA - Impact Area.

ID - Impact degree.

LI - Level of Impact in a scale of 1 to 10.

WI - Weight of indicator expressed in percentage.

indicator is related to the user's security and sensation. Knowing that the 5 areas established by the Protocol do not include social issues, for future evaluation process of the impact area it is suggested to insert an additional impact area/issue: users.

Moreover, it should be noted that all the indicators of the category “Waste”, section of Appendix III of the Environment Protocol, obtained weights higher than 2,07. The indicators in this category aim the quantification, reduction and elimination of the waste produced, in order to minimize the potential environmental impacts in the whole area covered by the Antarctic Treaty.

Unlike the initial assessment phase, some weights of category “Energy” (Table 9) were lower when compared to the previous result, in which only the indicator “Renewable energy systems as a basis for energy buildings” obtained highest weight within the category, accounting for 2,49. In Antarctica, the main source of energy is fossil fuel brought from other continents (COMNAP, 2007). Besides the harmful usage of this energy source in a protected area and of environmental interest, it is worth emphasizing that the local exploitation of available energy— mainly wind and solar radiation, leaving fossil fuels only for emergencies – could be very helpful to reduce impacts, such as those caused by oil spills or emissions of pollutants.

However, it is worth noting that even considering the use of renewable energy in buildings, the impact caused by means of transport (terrestrial and marine) still remains, as well as the operation of any specific equipment. This highlights the concern with the continuity in the use of fossil fuels in the Antarctic region, justifying the high importance given to “Renewable energy systems as a basis for energy buildings”.

4. Conclusion

The results obtained show that the method used to obtain the weights of indicators and categories is valid and has made a great contribution to the achievement of the objectives of this research work. The specific context of Antarctica, as well as the information obtained in the Protocol on Environmental Protection to the Antarctic Treaty influenced directly the selection and definition of environmental indicators and can even be used as project guidelines for building design in the continent.

The result of this research work generated 57 environmental indicators and established their respective weights. It is important to note that the excessive number of indicators is due to the specificities of the environment in Antarctica and to the increasing world interest in how the human activities on the continent should be developed. Thus, it is understandable that the number of indicators for areas of interest for humankind and environmentally protected should be higher than the amount of indicators adopted in the assessment tools for urban areas. Further, the result of the comparison of weights provide a suitable communication to third parties, designers and decision makers that may be helpful to avoid impact of construction activities in Antarctica. Even though the research is focused on new scientific stations, the methodology suggested indicators and their weights that can be used as a reference for any building in Antarctica, regardless of the country of origin or its location on the continent.

As a contribution to science, in addition to the results obtained, the adopted methodology is flexible, suggesting the possibility of adaptation to other areas of future research or similar environmental situations assessing building sustainability.

The next steps of this research work will focus on a possible adaptation of the SBTool to Antarctica context, evaluation of weights (according to the nature, extend, duration and intensity) by the researches, the definition of methods and means for the assessment of the indicators and the definition of the respective benchmarks.

Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge support received from the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (446484/2014-8) and Programa Antártico Brasileiro (PROANTAR).

References

- Ali, H.H., Al Nsairat, S.F., 2009. Developing a green building assessment tool for developing countries – case of Jordan. *Build. Environ.* 44, 1053–1064.
- Alvarez, C.E., 2014. Edificações na Antártica. In: *Antártica, 2048: Mudanças Climáticas e Equilíbrio Global.1 ed.* MarinaBooks, São Paulo, pp. 98–113.
- Alyami, S., Rezgui, Y., 2012. Sustainable building assessment tool development approach. *Sustain. Cities Soc.* 5, 52–62.
- Andrade, J., Bragança, L., 2016. Sustainability assessment of dwellings – a comparison of

- methodologies. *Civil Eng. Environ. Syst.* <https://doi.org/10.1080/10286608.2016.1145676>. 1029–0249.
- Bargagli, R., 2005. *Antarctic Ecosystems: Environmental Contamination, Climate Change, and Human Impact*. Ed. 2005 Springer, Germany (ISSN 0070-8356).
- Belgian Science Policy, 2006. Construction and operation of the new Belgian research station, dronning maud land, Antarctica. In: *Draft Comprehensive Environmental Evaluation*.
- Bragança, L., Mateus, R., Koukkari, H., 2010. Building sustainability assessment. *Sustainability* 2(2), 2010–2023. <https://doi.org/10.3390/su2072010>.
- COMNAP, 2007. Antarctic Station Catalogue. Retrieved from. https://www.comnap.aq/Members/Shared%20Documents/COMNAP_Antarctic_Station_Catalogue.pdf.
- Dodds, K., Hemmings, A., Roberts, P., 2017. *Handbook on the Politics of Antarctica*. Ed Edward Elgar, Northampton, MA, USA. <https://doi.org/10.4337/9781781784717681>.
- Fekry, D.A.A., El Zafarany, A.M., Shamseldin, A.K.M., 2014. Develop a flexible method to assess buildings hosting major sports events environmentally through the world. *Hous. Build. Natl. Res. Center* 10, 127–137. <https://doi.org/10.1016/j.hbrcj.2013.07.003>.
- Glasson, J., Therivel, R., Chadwick, A., 2012. *Introduction to Environmental Impact Assessment*. Routledge, New York, NY 978-0-415-66468-4.
- Hughes, K.A., Fretwell, P., Era, J., Holmes, K., Fleming, A., 2011. Untouched Antarctica: mapping a finite and diminishing environmental resource. *Antarct. Sci.* 23 (6), 537–548. <https://doi.org/10.1017/S095410201100037X>.
- Kibert, Charles, 2012. *Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery*, 3rd Edition. John Wiley & Sons.
- Korea Polar Research Institute, 2011. Construction and operation of the Jang Bogo Antarctic research station, terra nova bay, Antarctica. In: *Draft Comprehensive Environmental Evaluation*.
- Larsson, N., 2015. SBTool for 2015. International Initiative for a Sustainable Built Environment.
- Larsson, N., Bragança, L., 2012. Using the SBTool System as a platform for education in sustainable built environment. In: *Building Sustainability Assessment*.
- Lee, W.L., Burnett, L., 2006. Customization of GBTool in Hong Kong. *Build. Environ.* Hong Kong 41, 1831–1846. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.06.019>.
- Mateus, R., Bragança, L., 2011. Sustainability assessment and rating of buildings: developing the methodology SBToolPTEH. *Build. Environ.* 46, 1962–1971. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.04.023>.
- Montarroyos, D.C.G., Bissoli-Dalvi, M., Alvarez, C.E., de Braganca, L., 2015. Procedimentos para a definição de indicadores de sustentabilidade para construções na Antártica (proceedings for the definition of indicators of sustainability for buildings in Antarctica). In: *Euro-ELECS 2015 -Latin American and European conference on sustainable buildings and communities, Guimarães. Connecting People and Ideas. Proceedings of EURO ELECS 2015.* 3. Printed by Multicomp, 2015, Lisbon, pp. 1695–1704.
- National Academy of Sciences of Belarus, 2015. Construction and operation of belarusian Antarctic research station at Mount Vechernyaya, Enderby land. In: *Final Comprehensive Environmental Evaluation*.
- Organization for Economic Cooperation and Development. OECD, 2003. *OECD Environmental Indicators: Development, Measurement and Use*.
- Polar Research Institute of China, 2014. Proposed construction and operation of a new Chinese research station, Victoria land, Antarctica. In: *Draft Comprehensive Environmental Evaluation*.
- Secretariat of the Antarctic Treaty. SAT, 1991. *Protocol on Environmental Protection to the Antarctic Treaty*.
- Secretariat of the Antarctic Treaty. SAT, 2016a. *25 Years of the Protocol on Environmental Protection to the Antarctic Treaty*. Secretariat of the Antarctic Treaty.
- Secretariat of the Antarctic Treaty. SAT, 2016b. *Annex: Revised Guidelines for Environmental Impact Assessment in Antarctica*. Secretariat of the Antarctic Treaty.
- Shamseldin, A.K.M., 2016. Proposal of adapting the assessment weights of GPRS for different gated communities' positions. *Hous. Build. Natl. Res. Center* 2016, 1687–4048. <https://doi.org/10.1016/j.hbrcj.2016.02.001>.
- Shaw, J.D., Terauds, A., Riddle, M.J., Possingham, H.P., Chown, S.L., 2014. Antarctica's protected areas are inadequate, unrepresentative, and at risk. *PLoS Biol.* 12 (6). <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001888>.
- Wallhagen, M., Glaumann, M., Eriksson, O., Westerberg, U., 2013. Framework for detailed comparison of building environmental assessment tools. *Buildings* 3, 39–60.

ANEXO III - Resultados da pesquisa

	Perguntas	Respondentes													
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	
Dados iniciais	Profissão/área de atuação	Arquitetura e Urbanismo		Arquiteto	Arquiteta/projetos e docência	Arquiteto e Urbanismo/Docente do Ensino Superior	arquiteto / professor universitario	Arquiteta, professora	Arquiteto e Urbanista / Docente	Arquiteta/light designer	Arquiteta e Urbanista	Engenheiro civil/militar	Arquiteta	Arquitetura	Professor de ensino superior/Engenharia Elétrica
	Formação	Mestrado completo	Mestrado completo	Doutorado incompleto	Mestrado completo	Doutorado completo	Doutorado completo	Mestrado completo	Doutorado incompleto	Superior completo	Superior completo	Doutorado completo	Mestrado completo	Doutorado completo	
	Quantidade de visitas à Antártica	0	0	0	3 à 5 vezes	1 ou 2 vezes	Mais de 5 vezes	3 à 5 vezes	Nenhuma	Nenhuma	Mais de 5 vezes	1 ou 2 vezes	Nenhuma	1 ou 2 vezes	
	Quantidade de publicações sobre a Antártica como autor(a) ou coautor(a).	3 à 5	Mais de 5	1 ou 2	Mais de 5	1 ou 2 publicações	Mais de 5 publicações	Mais de 5 publicações	3 à 5 publicações	1 ou 2 publicações	1 ou 2 publicações	3 à 5 publicações	3 à 5 publicações	Mais de 5 publicações	
	Conhecimento sobre os métodos e sistemas de avaliação da sustentabilidade em edificações.	Conheço bem e/ou já utilizei	Conheço bem e/ou já utilizei	Conheço superficialmente	Conheço completamente e/ou participei do desenvolvimento de um sistema	Conheço superficialmente	Conheço completamente e/ou participei do desenvolvimento de um sistema	Conheço bem e/ou já utilizei	Conheço superficialmente	Conheço superficialmente	Conheço superficialmente	Conheço bem e/ou já utilizei	Conheço completamente e/ou participei do desenvolvimento de um sistema	Conheço superficialmente	
A.1.	Ep	2 Local	2 Local	2 Local	2 Local	2 Local	1 Área Específica	2 Local	2 Local	1 Área Específica	2 Local	3 Regional	2 Local	2 Local	
	Ed	1 Minutos/dias	1 Minutos/dias	2 Semanas/meses	1 Minutos/dias	4 Décadas	1 Minutos/dias	3 Anos	1 Minutos/dias	1 Minutos/dias	1 Minutos/dias	2 Semanas/meses	1 Minutos/dias	3 Anos	
	Ei	3 Moderado	2 Baixo	3 Moderado	4 Alto	2 Baixo	2 Baixo	4 Alto	4 Alto	2 Baixo	2 Baixo	4 Alto	3 Moderado	4 Alto	
	Pi	2 Baixo	2 Baixo	3 Médio	3 Médio	3 Médio	5 Provável	5 Provável	3 Médio	2 Baixo	3 Médio	3 Médio	5 Provável	4 Alto	
	Se	2 Fauna e Flora	2 Fauna e Flora	2 Fauna e Flora	2 Fauna e Flora	2 Fauna e Flora	2 Fauna e Flora	2 Fauna e Flora	2 Fauna e Flora	2 Fauna e Flora	2 Fauna e Flora	2 Fauna e Flora	2 Fauna e Flora	2 Fauna e Flora	3 Valores ambientais

Metodologia para avaliação ambiental em edificações antárticas

Perguntas	Respondentes												
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13
Relavancia	2 Pouco relevante	2 Pouco relevante	4 Muito relevante	3 Relevante	3 Relevante	3 Relevante	3 Relevante	3 Relevante	2 Pouco relevante	3 Relevante	4 Muito relevante	2 Pouco relevante	3 Relevante
R8: O ruído se comporta como uma interferência momentânea, somente quando esta acontecendo, contudo o impacto do mesmo pode incomodar os animais locais e afasta-los.													
A.2. Ep	3 Regional	4 Continental	4 Continental	3 Regional	3 Regional	1 Área Específica	5 Global	4 Continental	3 Regional	2 Local	5 Global	2 Local	4 Continental
Ed	5 Séculos	4 Décadas	5 Séculos	3 Anos	4 Décadas	3 Anos	4 Décadas	4 Décadas	4 Décadas	3 Anos	4 Décadas	4 Décadas	4 Décadas
Ei	4 Alto	3 Moderado	4 Alto	5 Muito alto	4 Alto	2 Baixo	4 Alto	3 Moderado	5 Muito alto	3 Moderado	5 Muito alto	4 Alto	5 Muito Alto
Pi	4 Alto	3 Médio	4 Alto	4 Alto	2 Baixo	2 Baixo	4 Alto	2 Baixo	4 Alto	3 Médio	5 Provável	2 Baixo	4 Alto
Se	4 Solo e gelo	2 Fauna e Flora	4 Solo e gelo	2 Fauna e Flora	4 Solo e gelo	2 Fauna e Flora	3 Valores ambientais	3 Valores ambientais	4 Solo e gelo	2 Fauna e Flora			
Relavancia	4 Muito Relevante	4 Muito relevante	4 Muito relevante	3 Relevante	4 Muito relevante	2 Pouco relevante	4 Muito relevante	3 Relevante	4 Muito relevante	4 Muito relevante	4 Muito relevante	3 Relevante	4 Muito Relevante
R8: Pode-se pensar em duas escalas, em um impacto pequeno ou na possibilidade de impacto maior, como um derramamento de óleo por um longo prazo antes de ser percebido, por exemplo, logo o controle dessas questões é imprescindível. então, voto pelo impacto baixo, pois me parece obvio a preocupação com esse item. R11: Sistema primario afetado: depende do poluente, aéreo por ex seria a atmosfera, liquido revursos hidricos... considerei valoresambientais o conjunto													
A.3. Ep	1 Área Específica	1 Área Específica	2 Local	2 Local	3 Regional	1 Área Específica	2 Local	2 Local	2 Local	1 Área Específica	2 Local	1 Área Específica	2 Local
Ed	4 Décadas	4 Anos	2 Semanas /meses	4 Décadas	4 Décadas	4 Décadas	4 Décadas	3 Anos	4 Décadas				
Ei	3 Moderado	1 Muito baixo	2 Baixo	2 Baixo	4 Alto	2 Baixo	2 Baixo	3 Moderado	1 Muito baixo	2 Baixo	3 Moderado	1 Muito baixo	4 Alto
Pi	3 Médio	2 Baixo	2 Baixo	2 Baixo	4 Alto	2 Baixo	4 Alto	2 Baixo	2 Baixo	2 Baixo	2 Baixo	2 Baixo	4 Alto
Se	3 Valores ambientais	2 Fauna e Flora	3 Valores ambientais	3 Valores ambientais	3 Valores ambientais	4 Solo e gelo							
Relavancia	3 Relevante	2 Pouco relevante	3 Relevante	3 Relevante	4 Muito relevante	2 Pouco relevante	3 Relevante	4 Muito relevante	2 Pouco relevante	2 Pouco relevante	3 Relevante	1 Irrelevante	3 Relevante
R8: O impacto estetico marca quem somos, o que deixaremos e como vivemos. Acredito que o design nao age diretamente em linha reta no bem estar do planeta, mas interfere nas atitudes humanas.													

Metodologia para avaliação ambiental em edificações antárticas

	Perguntas	Respondentes														
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13		
A.4.	Ep	2 Local	3 Regional	4 Continental	3 Regional	3 Regional	2 Local	2 Local	4 Continental	2 Local	3 Regional	4 Continental	2 Local	3 Regional	3 Regional	
	Ed	4 Décadas	3 Anos	4 Décadas	3 Anos	4 Décadas	4 Décadas	3 Anos	4 Décadas	2 Semanas/meses	4 Décadas	4 Décadas	3 Anos	4 Décadas		
	Ei	4 Alto	3 Moderado	4 Alto	4 Alto	3 Moderado	2 Baixo	4 Alto	3 Moderado	3 Moderado	3 Moderado	5 Muito alto	3 Moderado	4 Alto		
	Pi	3 Médio	2 Baixo	4 Alto	4 Alto	3 Médio	2 Baixo	5 Provável	3 Médio	3 Médio	3 Médio	5 Provável	3 Médio	4 Alto		
	Se	2 Fauna e Flora	2 Fauna e Flora	2 Fauna e Flora	2 Fauna e Flora	2 Fauna e Flora	3 Valores ambientais	2 Fauna e Flora	2 Fauna e Flora	3 Valores ambientais	2 Fauna e Flora	4 Solo e gelo				
	Relavancia	3 Relevante	3 Relevante	4 Muito relevante	3 Relevante	3 Relevante	2 Pouco relevante	4 Muito relevante	3 Relevante	3 Relevante	4 Muito relevante	4 Muito relevante	3 Relevante	3 Relevante		
R8: Item fundamental de impacto a longo prazo. R11: Idem. Sistema primário Só da p escolher uma opção mas depende do residuo. R13: Tive dificuldade para escolher o sistema primário pois para mim as opções "solo e gelo" e "fauna e flora" têm a mesma importância. Isso ocorreu na pergunta anterior também.																
B.1.	Ep	2 Local	2 Local	3 Regional	1 Área Especifica	2 Local	2 Local	2 Local	2 Local	1 Área Especifica	2 Local	4 Continental	3 Regional	3 Regional		
	Ed	3 Anos	4 Décadas	3 Anos	2 Semanas/meses	3 Anos	4 Décadas	4 Décadas	3 Anos	3 Anos	4 Décadas	5 Séculos	3 Anos	4 Décadas		
	Ei	2 Baixo	2 Baixo	3 Moderado	4 Alto	3 Moderado	2 Baixo	2 Baixo	2 Baixo	3 Moderado	2 Baixo	5 Muito alto	3 Moderado	4 Alto		
	Pi	2 Baixo	3 Médio	2 Baixo	4 Alto	2 Baixo	2 Baixo	2 Baixo	1 Improvável	2 Baixo	2 Baixo	5 Provável	2 Baixo	4 Alto		
	Se	1 Recursos hídricos	1 Recursos hídricos	1 Recursos hídricos	3 Valores ambientais	1 Recursos hídricos	1 Recursos hídricos	1 Recursos hídricos	1 Recursos hídricos	1 Recursos hídricos						
	Relavancia	3 Relevante	3 Relevante	4 Muito relevante	3 Relevante	3 Relevante	2 Pouco relevante	3 Relevante	2 Pouco relevante	4 Muito relevante	3 Relevante	4 Muito relevante	2 Pouco relevante	4 Muito Relevante		
R8: De leigo: o gelo é agua certo? então, agua não falta. R13: Dificuldade em classificar o Sistema Primário.																
B.2.	Ep	1 Área Especifica	2 Local	5 Global	2 Local	2 Local	1 Área Especifica	2 Local	2 Local	2 Local	2 Local	4 Continental	1 Área Especifica	2 Local		
	Ed	1 Minutos/dias	4 Décadas	5 Séculos	2 Semanas/meses	2 Semanas/meses	4 Décadas	3 Anos	2 Semanas/meses	3 Anos	4 Décadas	4 Décadas	3 Anos	3 Anos		

Metodologia para avaliação ambiental em edificações antárticas

	Perguntas	Respondentes														
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13		
B.2.	Ei	2 Baixo	4 Alto	4 Alto	4 Alto	2 Baixo	1 Muito baixo	4 Alto	1 Muito baixo	3 Moderado	2 Baixo	5 Muito alto	1 Muito baixo	3 Moderado		
	Pi	2 Baixo	3 Médio	4 Alto	4 Alto	3 Médio	2 Baixo	5 Provável	1 Improvável	3 Médio	2 Baixo	5 Provável	2 Baixo	3 Médio		
	Se	1 Recursos hídricos	3 Valores ambientais	1 Recursos hídricos	1 Recursos hídricos	1 Recursos hídricos	1 Recursos hídricos	4 Solo e gelo								
	Relavancia	2 Pouco relevante	2 Pouco relevante	4 Muito relevante	3 Relevante	3 Relevante	2 Pouco relevante	3 Relevante	1 Irrelevante	3 Relevante	3 Relevante	4 Muito relevante	2 Pouco relevante	3 Relevante		
R7: Considera-se nessa avaliação a relação de consumo de energia, entre outros aspectos vinculados ao tratamento/distribuição da água.																
B.3.	Ep	2 Local	2 Local	5 Global	2 Local	3 Regional	2 Local	2 Local	1 Área Específica	3 Regional	2 Local	3 Regional	3 Regional	3 Regional		
	Ed	2 Semanas /meses	4 Décadas	5 Séculos	2 Semanas /meses	3 Anos	4 Décadas	4 Décadas	3 Anos	3 Anos	4 Décadas	3 Anos	4 Décadas	3 Anos		
	Ei	3 Moderado	2 Baixo	4 Alto	4 Alto	3 Moderado	2 Baixo	4 Alto	3 Moderado	4 Alto	2 Baixo	4 Alto	4 Alto	4 Alto		
	Pi	3 Médio	3 Médio	4 Alto	4 Alto	3 Médio	2 Baixo	4 Alto	3 Médio	4 Alto	2 Baixo	5 Provável	3 Médio	4 Alto		
	Se	1 Recursos hídricos	1 Recursos hídricos	1 Recursos hídricos	2 Fauna e Flora	2 Fauna e Flora	1 Recursos hídricos	4 Solo e gelo	3 Valores ambientais	1 Recursos hídricos	1 Recursos hídricos	1 Recursos hídricos	3 Valores ambientais	1 Recursos hídricos		
	Relavancia	3 Relevante	3 Relevante	4 Muito relevante	3 Relevante	3 Relevante	2 Pouco relevante	4 Muito relevante	3 Relevante	4 Muito relevante	3 Relevante	3 Relevante	4 Muito relevante	4 Muito Relevante		
R6: Estou considerando a Relevância para o quesito água, quer dizer, não a relevância para o ambiente o reaproveitamento das águas servidas. R8: focando mais em reducao de esgoto, do que em consumo de agua.																
C.1.	Ep	5 Global	4 Continental	4 Continental	3 Regional	4 Continental	5 Global	5 Global	2 Local	5 Global	4 Continental	4 Continental	3 Regional	4 Continental		
	Ed	5 Séculos	5 Séculos	5 Séculos	3 Anos	4 Décadas	5 Séculos	5 Séculos	4 Décadas	5 Séculos	4 Décadas	4 Décadas	4 Décadas	4 Décadas		
	Ei	4 Alto	4 Alto	4 Alto	5 Muito alto	4 Alto	4 Alto	5 Muito alto	4 Alto	5 Muito alto	4 Alto	5 Muito alto	4 Alto	4 Alto		
	Pi	4 Alto	5 Provável	4 Alto	4 Alto	3 Médio	4 Alto	5 Provável	4 Alto	5 Provável	2 Baixo	5 Provável	4 Alto	4 Alto		

Metodologia para avaliação ambiental em edificações antárticas

	Perguntas	Respondentes																											
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13															
C.1.	Se	3	Valores ambientais	5	Atmosfera	3	Valores ambientais	5	Atmosfera	5	Atmosfera	5	Atmosfera	5	Atmosfera	3	Valores ambientais	5	Atmosfera	5	Atmosfera	3	Valores ambientais						
	Relevancia	4	Muito relevante	4	Muito Relevante	4	Muito relevante	4	Muito relevante	4	Muito relevante	4	Muito relevante	4	Muito relevante	4	Muito relevante	4	Muito relevante	4	Muito relevante	4	Muito Relevante						
	R13: Aqui por exemplo, classificar o Sistema primário é difícil pois o ambiente todo sofrerá o impacto. Coloquei "Valores Ambientais".																												
C.2.	Ep	5	Global	2	Local	3	Regional	2	Local	2	Local	1	Área Específica	2	Local	1	Área Específica	2	Local	2	Local	4	Continental	1	Área Específica	4	Continental		
	Ed	5	Séculos	4	Décadas	3	Anos	3	Anos	2	Semanas /meses	4	Décadas	4	Décadas	3	Anos	4	Décadas	4	Décadas	4	Décadas	4	Décadas	3	Anos	3	Anos
	Ei	4	Alto	4	Alto	3	Moderado	4	Alto	4	Alto	1	Muito baixo	5	Muito alto	2	Baixo	4	Alto	3	Moderado	5	Muito alto	2	Baixo	4	Alto		
	Pi	4	Alto	3	Médio	3	Médio	4	Alto	4	Alto	1	Improável	5	Provável	3	Médio	5	Provável	2	Baixo	5	Provável	2	Baixo	4	Alto		
	Se	3	Valores ambientais	5	Atmosfera	3	Valores ambientais	5	Atmosfera	3	Valores ambientais	3	Valores ambientais	3	Valores ambientais	3	Valores ambientais	5	Atmosfera	3	Valores ambientais	5	Atmosfera	4	Solo e gelo	3	Valores ambientais		
	Relevancia	3	Relevante	3	Relevante	3	Relevante	3	Relevante	4	Muito relevante	1	Irrelevante	4	Muito relevante	3	Relevante	3	Relevante	4	Muito relevante	4	Muito relevante	2	Pouco relevante	4	Muito Relevante		
R6: Esse indicador não está muito claro... que condicionantes eu posso aproveitar, além de cobrir a estação de neve para potencializar o isolamento termico? eu sei que tem a questão da iluminação também, mas acho que esse indicador acabou ficando fraquinho. R13: Mesma observação que do item anterior.																													
D.1.	Ep	5	Global	5	Global	4	Continental	2	Local	5	Global	5	Global	2	Local	2	Local	2	Local	2	Local	1	Área Específica	3	Regional	3	Regional	2	Local
	Ed	5	Séculos	3	Anos	4	Décadas	3	Anos	4	Décadas	4	Décadas	4	Décadas	4	Décadas	4	Décadas	4	Décadas	4	Décadas	4	Décadas	4	Décadas	3	Anos
	Ei	4	Alto	2	Baixo	4	Alto	3	Moderado	4	Alto	3	Moderado	4	Alto	4	Alto	5	Muito alto	2	Baixo	4	Alto	2	Baixo	4	Alto		
	Pi	4	Alto	3	Médio	4	Alto	3	Médio	3	Médio	3	Médio	4	Alto	3	Médio	4	Alto	2	Baixo	4	Alto	3	Médio	4	Alto		
	Se	3	Valores ambientais	3	Valores ambientais	3	Valores ambientais	3	Valores ambientais	3	Valores ambientais	3	Valores ambientais	3	Valores ambientais	4	Solo e gelo	3	Valores ambientais	4	Solo e gelo	3	Valores ambientais	5	Atmosfera	3	Valores ambientais	3	Valores ambientais
	Relevancia	4	Muito relevante	3	Relevante	4	Muito relevante	3	Relevante	4	Muito relevante	3	Relevante	4	Muito relevante	4	Muito relevante	4	Muito relevante	4	Muito relevante	4	Muito relevante	4	Muito relevante	2	Pouco relevante	3	Relevante

Metodologia para avaliação ambiental em edificações antárticas

	Perguntas	Respondentes																									
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13													
D.2.	Ep	4	4.Global	2	Local	5	Global	2	Local	5	Global	2	Local	2	Local	2	Local	3	Regional	2	Local						
	Ed	5	Séculos	3	Anos	4	Décadas	4	Décadas	2	Semanas /meses	2	Semanas /meses	4	Décadas	4	Décadas	3	Anos	2	Semanas/meses	4	Décadas				
	Ei	4	Alto	3	Moderado	4	Alto	3	Moderado	3	Moderado	3	Moderado	4	Alto	1	Muito baixo	5	Muito alto	3	Moderado	4	Alto	2	Baixo	4	Alto
	Pi	4	Alto	2	Baixo	4	Alto	3	Médio	2	Baixo	3	Médio	4	Alto	1	Improável	5	Provável	2	Baixo	5	Provável	2	Baixo	4	Alto
	Se	3	Valores ambientais	3	Valores ambientais	3	Valores ambientais	3	Valores ambientais	3	Valores ambientais	3	Valores ambientais	4	Solo e gelo	3	Valores ambientais	4	Solo e gelo	3	Valores ambientais	2	Fauna e Flora	3	Valores ambientais	4	Solo e gelo
	Relavancia	4	Muito relevante	2	Pouco relevante	4	Muito relevante	3	Relevante	4	Muito relevante	3	Relevante	4	Muito relevante	2	Pouco relevante	4	Muito relevante	4	Muito relevante	4	Muito relevante	2	Pouco relevante	3	Relevante
R6: quando envolve muitos sistemas, acabei optando por colocar "valores ambientais" mas ainda acho que deveria ter uma opção de "todos". R8: o impacto de ser rapida ou nao a execucao, influencia apenas na execucao, acho que nao impacta mais ou menos por isso, talvez devesse ser separado do item adaptavel, que me parece bem relevante. R13: Novamente. Aqui eu também escolheria a opção "fauna e flora".																											
D.3.(mudou nome)	Ep	5	Global	3	Regional	4	Continent al	2	Local	5	Global	5	Global	2	Local	5	Global	1	Área Especifica	2	Local	1	Área Especifica	2	Local	2	Local
	Ed	5	Séculos	3	Anos	5	Séculos	3	Anos	4	Décadas	3	Anos	4	Décadas	5	Séculos	4	Décadas	4	Décadas	2	Semanas /meses	2	Semanas/meses	2	Semanas/meses
	Ei	4	Alto	3	Moderado	4	Alto	3	Moderado	3	Moderado	2	Baixo	4	Alto	4	Alto	3	Moderado	2	Baixo	2	Baixo	1	Muito baixo	4	Alto
	Pi	4	Alto	4	Alto	4	Alto	3	Médio	3	Médio	2	Baixo	4	Alto	3	Médio	3	Médio	2	Baixo	2	Baixo	1	Improável	4	Alto
	Se	3	Valores ambientais	2	Fauna e Flora	3	Valores ambientais	3	Valores ambientais	3	Valores ambientais	3	Valores ambientais	3	Valores ambientais	3	Valores ambientais	4	Solo e gelo	3	Valores ambientais	3	Valores ambientais	3	Valores ambientais	4	Solo e gelo
	Relavancia	4	Muito relevante	3	Relevante	3	Relevante	3	Relevante	4	Muito relevante	2	Pouco relevante	4	Muito relevante	3	Relevante	3	Relevante	3	Relevant e	2	Pouco relevante	1	Irrelevante	3	Relevante
R8: produção de lixo - item de preocupação no nosso planeta. R10: Ha pouca disponibilidade de materiais para construção na Antártica. Construções atuais utilizam materiais majoritariamente exótico à região.																											

Perguntas	Respondentes
-----------	--------------

Metodologia para avaliação ambiental em edificações antárticas

		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13
D.4.	Ep	5 Global	2 Local	5 Global	1 Área Específica	2 Local	1 Área Específica	2 Local	5 Global	2 Local	1 Área Específica	2 Local	3 Regional	2 Local
	Ed	5 Séculos	2 Semanas /meses	5 Séculos	2 Semanas /meses	2 Semanas /meses	2 Semanas /meses	4 Décadas	5 Séculos	2 Semanas /meses	3 Anos	2 Semanas /meses	3 Anos	2 Semanas /meses
	Ei	2 Baixo	2 Baixo	3 Moderado	2 Baixo	2 Baixo	1 Muito baixo	4 Alto	3 Moderado	3 Moderado	1 Muito baixo	3 Moderado	2 Baixo	4 Alto
	Pi	3 Médio	2 Baixo	3 Médio	2 Baixo	2 Baixo	2 Baixo	4 Alto	4 Alto	3 Médio	3 Médio	5 Provável	2 Baixo	4 Alto
	Se	3 Valores ambientais	3 Valores ambientais	4 Solo e gelo	3 Valores ambientais	3 Valores ambientais	3 Valores ambientais	4 Solo e gelo	3 Valores ambientais	4 Solo e gelo	3 Valores ambientais	3 Valores ambientais	3 Valores ambientais	4 Solo e gelo
	Relavancia	3 Relevante	2 Pouco relevante	3 Relevante	3 Relevante	2 Pouco relevante	2 Pouco relevante	4 Muito relevante	3 Relevante	2 Pouco relevante	3 Relevante	3 Relevante	2 Pouco relevante	3 Relevante
D.5.	Ep	1 Área Específica	2 Local	2 Local	1 Área Específica	2 Local	1 Área Específica	2 Local	1 Área Específica	1 Área Específica	1 Área Específica	1 Área Específica	2 Local	3 Regional
	Ed	4 Décadas	4 Décadas	1 Minutos/dias	4 Décadas	4 Décadas	4 Décadas	4 Décadas	2 Semanas/meses	3 Anos	4 Décadas	4 Décadas	4 Décadas	3 Anos
	Ei	4 Alto	1 Muito baixo	4 Alto	4 Alto	4 Alto	1 Muito baixo	3 Moderado	4 Alto	5 Muito alto	2 Baixo	4 Alto	3 Moderado	4 Alto
	Pi	4 Alto	1 Improvável	3 Médio	5 Provável	5 Provável	4 Alto	5 Provável	4 Alto	4 Alto				
	Se	5 Atmosfera	3 Valores ambientais	3 Valores ambientais	3 Valores ambientais	3 Valores ambientais	4 Solo e gelo	2 Fauna e Flora	2 Fauna e Flora	5 Atmosfera	3 Valores ambientais	2 Fauna e Flora	3 Valores ambientais	3 Valores ambientais
	Relavancia	3 Relevante	3 Relevante	4 Muito relevante	3 Relevante	4 Muito relevante	1 Irrelevante	3 Relevante	4 Muito relevante	3 Relevante	4 Muito relevante	3 Relevante	3 Relevante	3 Relevante

R7: Considera-se como Sistema primário principalmente afetado Fauna e Flora, especificamente a fauna, pela questão dos ruídos, porém é possível relacionar também com a dispersão de resíduos a partir da vibração. R8: coloquei fauna e flora, mas acho que o ser humano faz parte dessa fauna e flora, certo. R12: Acrescentar usuários no sistema primário.

Metodologia para avaliação ambiental em edificações antárticas

	Perguntas	Respondentes																											
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13															
E.1.	Ep	4	Continental	4	Continental	4	Continental	5	Global	5	Global	2	Local	5	Global	3	Regional	4	Continental	4	Continental	4	Continental	3	Regional	4	Continental		
	Ed	5	Séculos	3	Anos	3	Anos	4	Décadas	5	Séculos	3	Anos	4	Décadas	4	Décadas	5	Séculos	4	Décadas	4	Décadas	4	Décadas	4	Décadas	4	Décadas
	Ei	5	Muito alto	4	Alto	4	Alto	4	Alto	4	Alto	3	Moderado	4	Alto	4	Alto	5	Muito alto	3	Moderado	4	Alto	4	Alto	4	Alto	5	Muito Alto
	Pi	5	Provável	4	Alto	5	Provável	4	Alto	4	Alto	3	Médio	4	Alto	5	Provável	5	Provável	3	Médio	5	Provável	3	Médio	4	Alto	4	Alto
	Se	3	Valores ambientais	5	Atmosfera	1	Recursos hídricos	2	Fauna e Flora	3	Valores ambientais	4	Solo e gelo	3	Valores ambientais	4	Solo e gelo	3	Valores ambientais	4	Solo e gelo	4	Solo e gelo	3	Valores ambientais	4	Solo e gelo	3	Valores ambientais
	Relavancia	4	Muito relevante	4	Muito relevante	4	Muito relevante	4	Muito relevante	3	Relevante	3	Relevante	4	Muito relevante	4	Muito relevante	4	Muito relevante	3	Relevante	4	Muito relevante	4	Muito relevante	4	Muito relevante	3	Relevante
E.2. (Unido)	Ep	4	Continental	2	Local	5	Global	3	Regional	5	Global	1	Área Especifica	2	Local	5	Global	4	Continental	2	Local	3	Regional	2	Local	4	Continental		
	Ed	5	Séculos	4	Décadas	5	Séculos	3	Anos	2	Semanas /meses	2	Semanas /meses	4	Décadas	5	Séculos	4	Décadas	3	Anos	4	Décadas	2	Semanas/meses	4	Décadas	4	Décadas
	Ei	5	Muito alto	3	Moderado	5	Muito alto	4	Alto	3	Moderado	2	Baixo	4	Alto	5	Muito alto	4	Alto	3	Moderado	5	Muito alto	2	Baixo	5	Muito Alto	5	Muito Alto
	Pi	5	Provável	3	Médio	5	Provável	4	Alto	3	Médio	2	Baixo	4	Alto	5	Provável	3	Médio	2	Baixo	5	Provável	3	Médio	4	Alto	4	Alto
	Se	3	Valores ambientais	5	Atmosfera	3	Valores ambientais	2	Fauna e Flora	3	Valores ambientais	4	Solo e gelo	4	Solo e gelo	4	Solo e gelo	4	Solo e gelo	3	Valores ambientais	4	Solo e gelo	3	Valores ambientais	4	Solo e gelo	3	Valores ambientais
	Relavancia	4	Muito relevante	3	Relevante	4	Muito relevante	3	Relevante	3	Relevante	3	Relevante	4	Muito relevante	4	Muito relevante	3	Relevante	3	Relevante	4	Muito relevante	3	Relevante	4	Muito Relevante	4	Muito Relevante

R11: Sistema primario atingido: todos, hidrico, atmosfera etc

Metodologia para avaliação ambiental em edificações antárticas

	Perguntas	Respondentes																											
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13															
E.4.	Ep	4	Continental	2	Local	5	Global	4	Continental	3	Regional	1	Área Específica	2	Local	2	Local	3	Regional	3	Regional	4	Continental	3	Regional	3	Regional		
	Ed	4	Décadas	3	Anos	5	Séculos	4	Décadas	3	Anos	4	Décadas	4	Décadas	5	Séculos	4	Décadas	4	Décadas	3	Anos	5	Séculos	4	Décadas		
	Ei	4	Alto	4	Alto	5	Muito alto	5	Muito alto	3	Moderado	3	Moderado	5	Muito alto	5	Muito alto	5	Muito alto	5	Muito alto	2	Baixo	4	Alto	3	Moderado	5	Muito Alto
	Pi	4	Alto	3	Médio	5	Provável	4	Alto	3	Médio	4	Alto	5	Provável	5	Provável	5	Provável	5	Provável	3	Médio	5	Provável	3	Médio	4	Alto
	Se	4	Solo e gelo	1	Recursos hídricos	1	Recursos hídricos	2	Fauna e Flora	1	Recursos hídricos	4	Solo e gelo	2	Fauna e Flora	4	Solo e gelo	1	Recursos hídricos	1	Recursos hídricos	1	Recursos hídricos	4	Solo e gelo	3	Valores ambientais		
	Relavancia	4	Muito relevante	4	Muito relevante	4	Muito relevante	4	Muito relevante	4	Muito relevante	3	Relevante	4	Muito relevante	4	Muito relevante	4	Muito relevante	4	Muito relevante	4	Muito relevante	3	Relevante	4	Muito Relevante		
R6: aqui não está falando em que fase; se de construção ou de uso. R12: Oceano e não recursos hídricos																													
F.1.	Ep	5	Global	4	Continental	5	Global	4	Continental	3	Regional	4	Continental	3	Regional	5	Global	2	Local	3	Regional	5	Global	5	Global	4	Continental		
	Ed	5	Séculos	4	Décadas	5	Séculos	4	Décadas	3	Anos	5	Séculos	4	Décadas	5	Séculos	4	Décadas	4	Décadas	4	Décadas	4	Décadas	4	Décadas		
	Ei	5	Muito alto	3	Moderado	5	Muito alto	5	Muito alto	3	Moderado	5	Muito alto	4	Alto	5	Muito alto	3	Moderado	2	Baixo	5	Muito alto	4	Alto	5	Muito Alto		
	Pi	5	Provável	4	Alto	5	Provável	4	Alto	3	Médio	5	Provável	5	Provável	5	Provável	5	Provável	3	Médio	3	Médio	5	Provável	5	Provável	4	Alto
	Se	5	Atmosfera	5	Atmosfera	5	Atmosfera	5	Atmosfera	4	Solo e gelo	5	Atmosfera	5	Atmosfera	5	Atmosfera	5	Atmosfera	5	Atmosfera	5	Atmosfera	5	Atmosfera	5	Atmosfera	5	Atmosfera
	Relavancia	4	Muito relevante	4	Muito relevante	4	Muito relevante	4	Muito relevante	3	Relevante	4	Muito relevante	4	Muito relevante	4	Muito relevante	4	Muito relevante	3	Relevante	3	Relevante	4	Muito relevante	3	Relevante	4	Muito Relevante

Metodologia para avaliação ambiental em edificações antárticas

	Perguntas	Respondentes													
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	
L.2.	Ep	5 Global	3 Regional	5 Global	2 Local	2 Local	3 Regional	2 Local	5 Global	3 Regional	2 Local	3 Regional	3 Regional	4 Continental	
	Ed	5 Séculos	4 Décadas	5 Séculos	1 Minutos/dias	2 Semanas/meses	4 Décadas	4 Décadas	5 Séculos	3 Anos	4 Décadas	3 Anos	4 Décadas	4 Décadas	
	Ei	5 Muito alto	3 Moderado	4 Alto	4 Alto	1 Muito baixo	3 Moderado	4 Alto	4 Alto	3 Moderado	2 Baixo	5 Muito alto	4 Alto	5 Muito Alto	
	Pi	5 Provável	3 Médio	4 Alto	4 Alto	2 Baixo	3 Médio	5 Provável	5 Provável	3 Médio	4 Alto	5 Provável	5 Provável	4 Alto	
	Se	5 Atmosfera	5 Atmosfera	5 Atmosfera	5 Atmosfera	5 Atmosfera	5 Atmosfera	5 Atmosfera	5 Atmosfera	5 Atmosfera	5 Atmosfera	5 Atmosfera	5 Atmosfera	3 Valores ambientais	5 Atmosfera
	Relavancia	4 Muito relevante	3 Relevante	3 Relevante	3 Relevante	3 Relevante	3 Relevante	3 Relevante	4 Muito relevante	4 Muito relevante	3 Relevante	3 Relevante	4 Muito relevante	3 Relevante	4 Muito Relevante

ANEXO IV – Manual de preenchimento da pesquisa

MANUAL DE PREENCHIMENTO

ORDEM DA PESQUISA



Inserção de informações profissionais/acadêmicas

Profissão e área de atuação;
Formação;
Quantidade de visitas à Antártica;
Quantidade de publicações sobre a Antártica como autor(a) ou coautor(a); e
Conhecimento sobre os métodos e sistemas de avaliação da sustentabilidade em edificações.



Avaliação dos indicadores

Em cada página constam todos indicadores e respectivos objetivos, organizados nas 6 categorias:

1. Relações entre o edifício e o ambiente;
2. Água;
3. Energia;
4. Materiais;
5. Resíduos; e
6. Cargas ambientais.

COMO FAZER A AVALIAÇÃO DOS INDICADORES?

Os pesos dos indicadores serão definidos a partir dos resultados dessa pesquisa. Para tanto, é necessário que preencham todas as informações do quadro abaixo.

	Extensão do impacto em potencial (Ep)	Duração do impacto em potencial (Ed)	Intensidade do impacto em potencial (Ei)	Probabilidade do impacto em potencial (Pi)	Sistema primário principalmente afetado (Es)	Nível de relevância
Classifique os requisitos:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Informações complementares



São 6 lacunas com opções de resposta pré-determinadas e 1 campo de informações complementares para preenchimento livre.

Caso não esteja visualizando todos os requisitos, utilize a barra de rolamento para arrastar a tela à direita, visto que seu monitor pode não estar enquadrando todos os itens a serem considerados.

O quadro é composto pelas variáveis de Extensão do efeito em potencial (Ep); Duração do efeito em potencial (Ed); Intensidade do efeito em potencial (Ei); Probabilidade do efeito em potencial (Pi); e Sistema primário principalmente afetado (Es). Adicionado à essas questões, busca-se identificar o Nível de relevância do indicador.

A atribuição dos valores na escala indicada evidencia a significância do efeito segundo as variáveis apresentadas. Os parâmetros de referência foram estabelecidos a partir de uma escala de valores de 1 a 5 (1 para efeito de menor significância a 5 para efeito de maior significância).

Na pesquisa cabe ao avaliador clicar na lacuna e selecionar o parametro de referencia mais compatível com o indicador. A importância (peso) de cada indicador resulta da multiplicação dos pontos obtidos em cada uma das variáveis.

Extensão do impacto em potencial (Ep)	Duração do impacto em potencial (Ed)	Intensidade do impacto em potencial (Ei)	Probabilidade do impacto em potencial (Pi)	Sistema primário principalmente afetado (Es)	Nível de relevância
1. Área Específica	1. Minutos/ dias	1. Muito Baixo	1. Improvável	1. Recursos hídricos	1. Irrelevante
2. Local	2. Semanas/meses	2. Baixo	2. Baixo	2. Fauna e Flora	2. Pouco relevante
3. Regional	3. Anos	3. Moderado	3. Médio	3. Valores ambientais	3. Relevante
4. Continental	4. Décadas	4. Alto	4. Alto	4. Solo e gelo	4. Muito Relevante
5. Global	5. Séculos	5. Muito Alto	5. Provável	5. Atmosfera	



Sabe-se que alguns indicadores podem afetar 1 ou mais itens que constituem o “Sistema primário diretamente afetado”. Desse modo, a nomenclatura foi alterada para “Sistema primário principalmente afetado” para que o avaliador aponte apenas o sistema que será mais impactado, caso não forem tomadas as medidas consideradas pelo indicador.

**No total são 20 indicadores e 7 páginas avaliativas.
Tempo estimado de avaliação: 30 minutos.**



Extensão do impacto em potencial (Ep) Duração do impacto em potencial (Ed)

Classifique os requisitos:

1. Área Específica

2. Local

3. Regional

4. Continental

5. Global

Clicando nas 2 setas o avaliador pode escolher os parâmetros para cada indicador.

LISTA DE INDICADORES DA PESQUISA

A. Relações entre o edifício e o ambiente

A.1. Medidas de atenuação do nível de pressão sonora dos equipamentos.

Definição/objetivo: promover o conforto acústico dos usuários da edificação e diminuir o impacto que o ruído pode provocar no comportamento das espécies nativas a partir da redução da pressão sonora e da vibração produzida por equipamentos e/ou oriunda dos sistemas construtivos.

A.2. Estanqueidade dos ambientes para controle de entrada/saída de materiais biológicos e poluentes em relação ao exterior.

Definição/objetivo: evitar que a ocupação humana no continente possa resultar no derramamento de materiais poluentes e/ou a introdução de microrganismos estranhos ao ambiente natural, incluindo patógenos, bem como na invasão e proliferação de espécies não nativas.

A.3. Interferência do design na paisagem e no ambiente natural.

Definição/objetivo: planejar edificações em concordância com os condicionantes locais de forma a minimizar os impactos negativos no ambiente natural, na paisagem e/ou nos usuários.

A.4. Medidas para restaurar ou manter a dinâmica original do ambiente natural.

Definição/objetivo: assegurar que as atividades da construção civil e a ocupação humana não interfiram na dinâmica original das espécies nativas.

B. Água

B.1. Técnicas de obtenção, armazenamento e distribuição da água.

Definição/objetivo: garantir o abastecimento e armazenamento de água doce na edificação, bem como o mínimo impacto ocasionado por sua extração do ambiente natural.

B.2. Instalação de equipamentos economizadores de água e sistemas de prevenção de vazamentos.

Definição/objetivo: assegurar a redução do consumo e do desperdício de água doce por meio de equipamentos economizadores e sistemas de prevenção de vazamentos.

B.3. Sistemas de reutilização de águas cinzas e negras.

Definição/objetivo: reduzir o consumo de água doce por meio da disponibilidade de sistemas de reutilização das águas cinzas e negras, além de evitar o descarte de águas residuárias em locais não apropriados, promovendo o correto tratamento e descarte.

C. Energia

C.1. Estratégias para redução do uso de geradores de energia à base de combustíveis fósseis.

Definição/objetivo: favorecer o uso de sistemas de energia renovável integrada com estratégias para redução e gerenciamento do consumo energético como forma de minimizar o consumo de combustíveis fósseis.

C.2. Eficiência energética da edificação.

Definição/objetivo: adotar medidas de proteção em relação às intempéries e aos condicionantes ambientais extremos da região promovendo estratégias projetuais que levem à eficiência energética da edificação.

D. Materiais e sistemas construtivos

D.1. Soluções projetuais para ampliação da vida útil e redução da necessidade de manutenção.

Definição/objetivo: promover a máxima durabilidade dos materiais e sistemas que compõem a edificação visando a extensão da vida útil e diminuição na necessidade de manutenção.

D.2. Utilização de sistema modular, pré-fabricado, flexível, adaptável e/ou de rápida execução.

Definição/objetivo: especificar sistemas construtivos visando a agilidade de montagem, reduzida geração de resíduos, pequena equipe de trabalhadores em campo e facilidade de transporte, construção/montagem e desmonte.

D.3. Adoção de materiais de baixo impacto ambiental.

Definição/objetivo: incentivar o uso de materiais de baixo impacto ambiental e a utilização de componentes de edificações existentes ou materiais disponíveis na Antártica como forma de reduzir o consumo de recursos naturais, a geração de resíduos e as emissões atmosféricas.

D.4. Gestão de materiais e embalagens de proteção.

Definição/objetivo: planejar a construção de forma a proteger os materiais no canteiro de obras, além de otimizar e/ou evitar o uso de embalagens ou, ainda, buscar o aproveitamento dessas na edificação ou em atividades desenvolvidas no local.

D.5. Resistência da edificação às pressões do vento e à vibração.

Definição/objetivo: projetar edificação para minimizar os impactos oriundos da pressão dos ventos e à vibração na edificação.

E. Resíduos

E.1. Implantação de instalações para o armazenamento, triagem e descarte de resíduos sólidos.

Definição/objetivo: desenvolver planos e implantar instalações para o correto armazenamento, triagem e tratamento dos resíduos sólidos gerados, além de apoiar as operações logísticas de compactação e descarte dos mesmos para fora do continente.

E.2. Gestão de resíduos tóxicos.

Definição/objetivo: promover a redução ou correta destinação do volume de resíduos tóxicos gerados durante as etapas de construção, operação, manutenção e descomissionamento da edificação.

E.3. Tratamento e destinação de águas residuárias.

Definição/objetivo: promover o correto armazenamento e tratamento das águas residuárias, de forma a evitar impactos ambientais oriundos do despejo de águas cinzas e negras não tratadas no ambiente natural durante as etapas de construção, operação, manutenção e descomissionamento da edificação.

F. Cargas ambientais

F.1. Impacto das emissões atmosféricas relacionadas ao ciclo de vida da edificação.

Definição/objetivo: identificar e minimizar a quantidade de poluentes atmosféricos e particulados liberados no ambiente durante todo o ciclo de vida da edificação.

F.2. Medidas para assegurar que os procedimentos de manutenção gerem o mínimo de COV.

Definição/objetivo: Projetar a edificação de forma a promover a diminuição da emissão de poluentes e particulados durante os procedimentos de manutenção.

ANEXO V – Dados do sistema de ponderação

Indicador	Variáveis	Parâmetro de referência		RI	RC	IA	ID	LI	EI	EP	Ed	Ei	Pi	Se	Fk	Versão máxima		Versão mínima		
																Peso em %	Peso em %	Fk	Peso em %	Peso em %
A.1.	Ep	2	Local	2,85	3,10	1	1,5	1,5	1,63	2	1	2	3	2	39,12	0,10	6,06	x	x	6,86
	Ed	1	Minutos/dias																	
	Ei	2	Baixo																	
	Pe	3	Médio																	
	Es	2	Fauna e Flora																	
	Relevância	3	Relevante																	
A.2.	Ep	3	Regional	3,62	3,10	2,5	2	5	4,28	3	4	4	4	2	1643,52	4,01	6,06	1643,52	4,83	6,86
	Ed	4	Décadas																	
	Ei	4	Alto																	
	Pe	4	Alto																	
	Es	2	Fauna e Flora																	
	Relevância	4	Muito Relevante																	
A.3.	Ep	2	Local	2,69	3,10	1	1	1	1,15	2	4	2	2	3	110,40	0,27	6,06	x	x	6,86
	Ed	4	Décadas																	
	Ei	2	Baixo																	
	Pe	2	Baixo																	
	Es	3	Valores ambientais																	
	Relevância	3	Relevante																	
A.4.	Ep	2	Local	3,23	3,10	2,5	2	5	4,79	2	4	3	3	2	689,76	1,68	6,06	689,76	2,03	6,86
	Ed	4	Décadas																	
	Ei	3	Moderado																	
	Pe	3	Médio																	
	Es	2	Fauna e Flora																	
	Relevância	3	Relevante																	

Metodologia para avaliação ambiental em edificações antárticas

Indicador	Variáveis	Parâmetro de referência		RI	RC	IA	ID	LI	EI	EP	Ed	Ei	Pi	Se	Fk	Versão máxima		Versão mínima		
																Peso em %	Peso em %	Fk	Peso em %	Peso em %
B.1.	Ep	2	Local	3,08		3	1,5	4,5	4,43	2	3	2	2	1	106,32	0,26		106,32	0,31	
	Ed	3	Anos																	
	Ei	2	Baixo																	
	Pe	2	Baixo																	
	Es	1	Recursos hídricos																	
	Relevância	3	Relevante																	
B.2.	Ep	2	Local	2,69	3,03	1	1,5	1,5	1,69	2	4	4	2	1	108,16	0,26	1,49	x	x	1,48
	Ed	4	Décadas																	
	Ei	4	Alto																	
	Pe	2	Baixo																	
	Es	1	Recursos hídricos																	
	Relevância	3	Relevante																	
B.3.	Ep	2	Local	3,31		3	1,5	4,5	4,12	2	4	4	3	1	395,52	0,97		395,52	1,16	
	Ed	4	Décadas																	
	Ei	4	Alto																	
	Pe	3	Médio																	
	Es	1	Recursos hídricos																	
	Relevância	3	Relevante																	
C.1.	Ep	4	Continental	4,00	3,58	3,5	1,5	5,25	4,69	4	5	4	4	5	7504,00	18,31	22,29	7504,00	22,06	26,86
	Ed	5	Séculos																	
	Ei	4	Alto																	
	Pe	4	Alto																	
	Es	5	Atmosfera																	
	Relevância	4	Muito Relevante																	

Metodologia para avaliação ambiental em edificações antárticas

Indicador	Variáveis	Parâmetro de referência		RI	RC	IA	ID	LI	EI	EP	Ed	Ei	Pi	Se	Fk	Versão máxima		Versão mínima		
																Peso em %	Peso em %	Fk	Peso em %	Peso em %
C.2.	Ep	2	Local	3,15		2,5	1,5	3,75	4,25	2	4	4	4	3	1632,00	3,98		1632,00	4,80	
	Ed	4	Décadas																	
	Ei	4	Alto																	
	Pe	4	Alto																	
	Es	3	Valores ambientais																	
	Relevância	3	Relevante																	
D.1.	Ep	2	Local	3,54	3,12	3	1,5	4,5	3,97	2	4	4	4	3	1524,48	3,72		x	x	
	Ed	4	Décadas																	
	Ei	4	Alto																	
	Pe	4	Alto																	
	Es	3	Valores ambientais																	
	Relevância	4	Muito Relevante																	
D.2.	Ep	2	Local	3,31		3	1,5	4,5	4,25	2	4	4	4	3	1632,00	3,98		1632,00	4,80	
	Ed	4	Décadas																	
	Ei	4	Alto																	
	Pe	4	Alto																	
	Es	3	Valores ambientais																	
	Relevância	4	Muito Relevante																	

Metodologia para avaliação ambiental em edificações antárticas

Indicador	Variáveis	Parâmetro de referência		RI	RC	IA	ID	LI	EI	EP	Ed	Ei	Pi	Se	Fk	Versão máxima		Versão mínima		
																Peso em %	Peso em %	Fk	Peso em %	Peso em %
D.3.	Ep	2	Local	2,92		2	1	2	2,14	2	4	4	4	3	821,76	2,01		x	x	
	Ed	4	Décadas																	
	Ei	4	Alto																	
	Pe	4	Alto																	
	Es	3	Valores ambientais																	
	Relevância	3	Relevante																	
D.4.	Ep	2	Local	2,69		3	1	3	3,48	2	2	2	2	3	167,04	0,41		x	x	
	Ed	2	Semanas/meses																	
	Ei	2	Baixo																	
	Pe	2	Baixo																	
	Es	3	Valores ambientais																	
	Relevância	3	Relevante																	
D.5.	Ep	1	Área Específica	3,15		1,5	1,5	2,25	2,23	1	4	4	4	3	428,16	1,04		x	x	
	Ed	4	Décadas																	
	Ei	4	Alto																	
	Pe	4	Alto																	
	Es	3	Valores ambientais																	
	Relevância	3	Relevante																	

Metodologia para avaliação ambiental em edificações antárticas

Indicador	Variáveis	Parâmetro de referência		RI	RC	IA	ID	LI	EI	EP	Ed	Ei	Pi	Se	Fk	Versão máxima		Versão mínima		
																Peso em %	Peso em %	Fk	Peso em %	Peso em %
E.1.	Ep	4	Continental	3,69	3,67	3	1,5	4,5	4,47	4	4	4	5	3	4291,20	10,47	20,59	4291,20	12,61	24,81
	Ed	4	Décadas																	
	Ei	4	Alto																	
	Pe	5	Provável																	
	Es	3	Valores ambientais																	
	Relevância	4	Muito Relevante																	
E.2.	Ep	2	Local	3,46	3,67	3	1,5	4,5	4,77	2	4	5	5	3	2862,00	6,98	20,59	2862,00	8,41	24,81
	Ed	4	Décadas																	
	Ei	5	Muito alto																	
	Pe	5	Provável																	
	Es	3	Valores ambientais																	
	Relevância	3	Relevante																	
E.4.	Ep	3	Regional	3,85	3,67	3	1,5	4,5	4,29	3	4	5	5	1	1287,00	3,14	20,59	1287,00	3,78	24,81
	Ed	4	Décadas																	
	Ei	5	Muito alto																	
	Pe	5	Provável																	
	Es	1	Recursos hídricos																	
	Relevância	4	Muito Relevante																	

Metodologia para avaliação ambiental em edificações antárticas

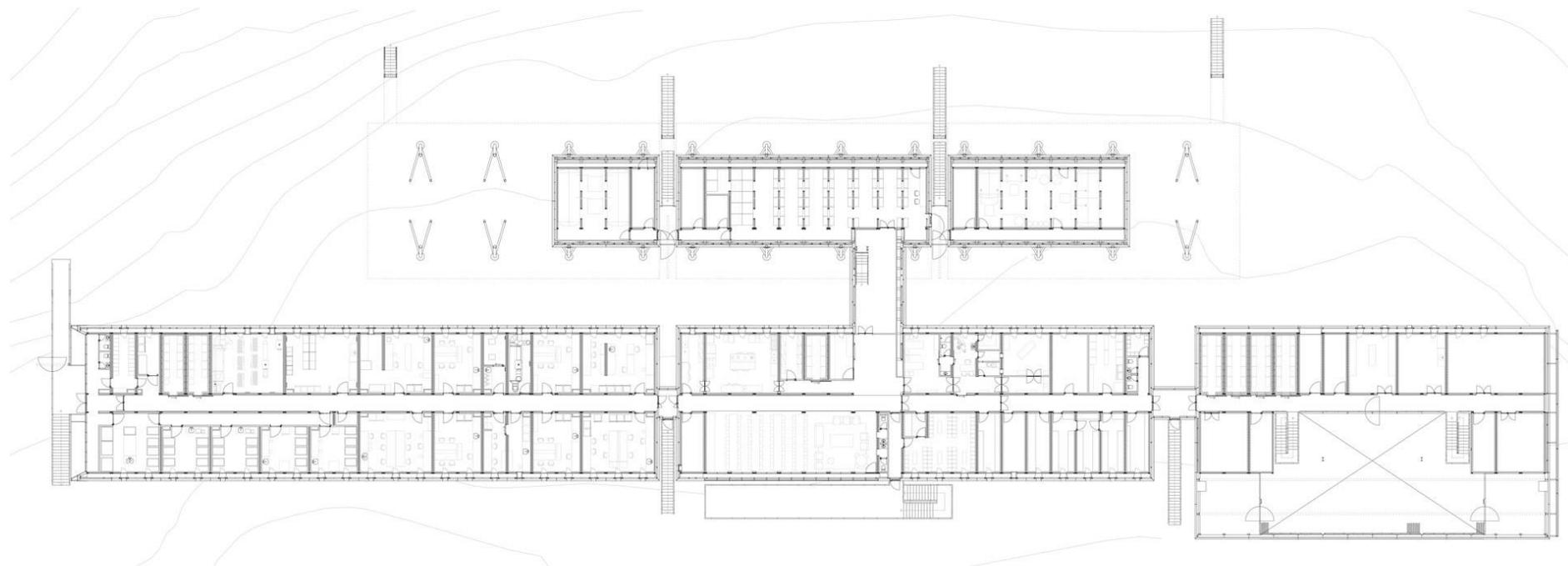
Indicador	Variáveis	Parâmetro de referência		RI	RC	IA	ID	LI	EI	EP	Ed	Ei	Pi	Se	Fk	Versão máxima		Versão mínima		
																Peso em %	Peso em %	Fk	Peso em %	Peso em %
F.1.	Ep	5	Global	3,69	3,54	2,5	2	5	4,79	5	4	5	5	5	11975,00	29,22	38,41	11975,00	35,20	35,20
	Ed	4	Décadas																	
	Ei	5	Muito alto																	
	Pe	5	Provável																	
	Es	5	Atmosfera																	
	Relevância	4	Muito Relevante																	
F.2.	Ep	3	Regional	3,38	3,54	2	1,5	3	3,14	3	4	4	5	5	3768,00	9,19	38,41	x	x	35,20
	Ed	4	Décadas																	
	Ei	4	Alto																	
	Pe	5	Provável																	
	Es	5	Atmosfera																	
	Relevância	3	Relevante																	

ANEXO VI – Projeto Arquitetônico da Estação Antártica Comandante Ferraz



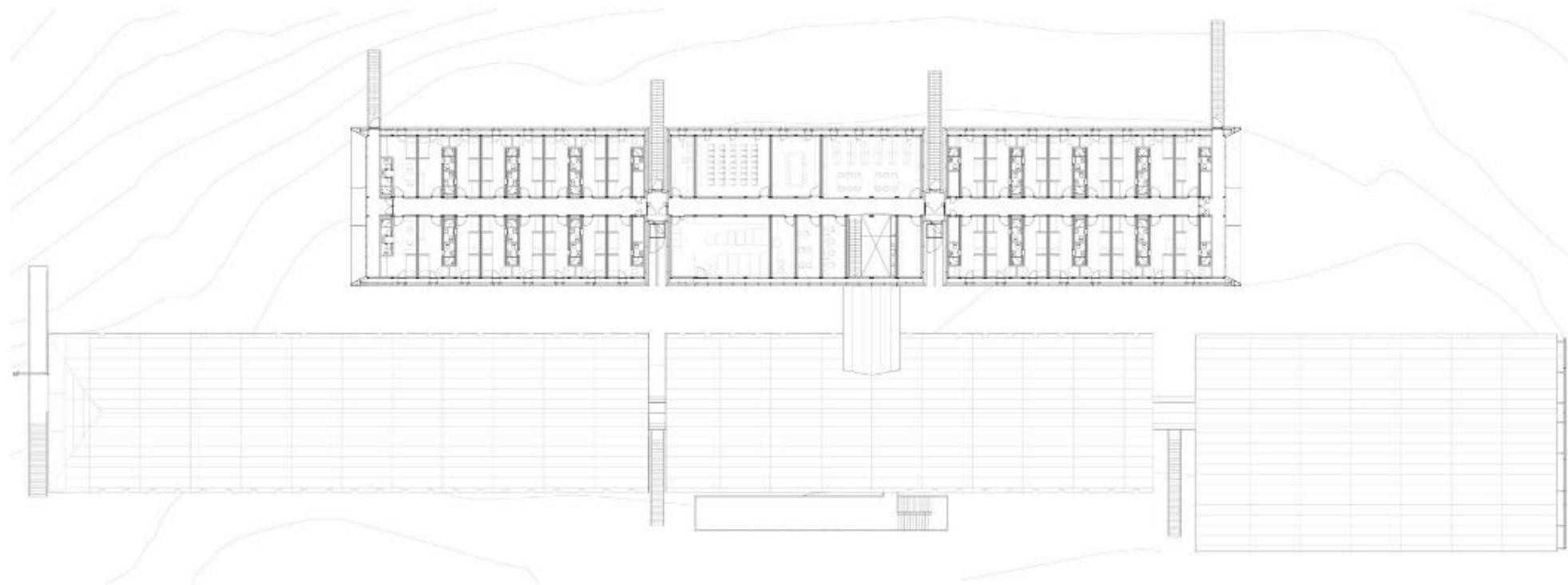
PLANTA DE IMPLANTAÇÃO

Fonte: Estúdio 41 (2013)



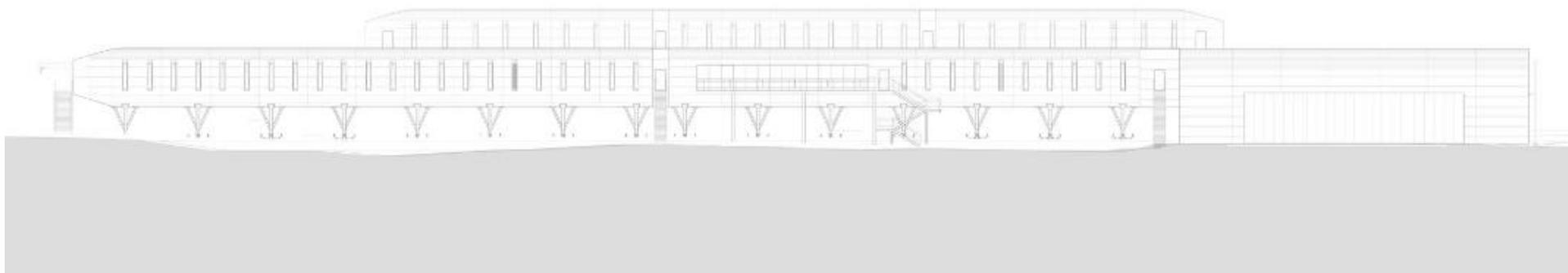
PLANTA DE BAIXA NÍVEL 2,75

Fonte: Estúdio 41 (2013)



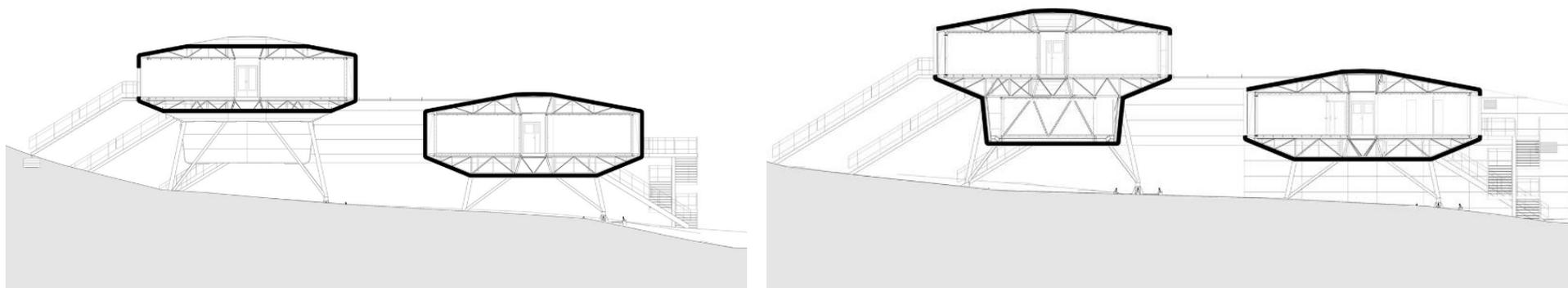
PLANTA DE BAIXA NÍVEL 11,89

Fonte: Estúdio 41 (2013)



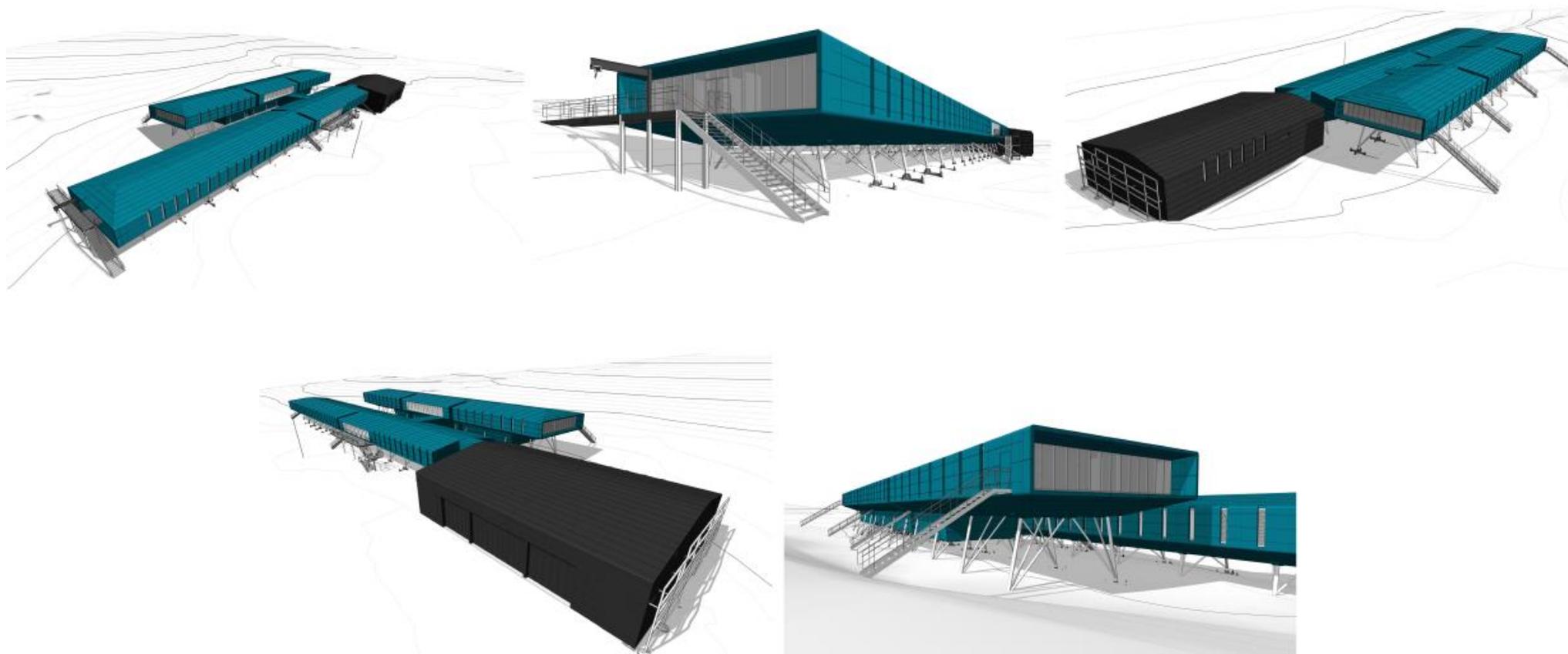
FACHADA FRONTAL

Fonte: Estúdio 41 (2013)



CORTES ESQUEMÁTICOS

Fonte: Estúdio 41 (2013)



PERSPECTIVAS

Fonte: Estúdio 41 (2013)



PERSPECTIVAS - SISTEMAS

Fonte: Estúdio 41 (2013)