

Análise do Ciclo de Vida da envoltória da Estação Antártica Comandante Ferraz

Thalles Costa dos Reis

Universidade Federal do Espírito Santo, Laboratório de Planejamento e Projetos LPP/ UFES, Brasil
thallescota_r@hotmail.com

Cristina Engel de Alvarez

Universidade Federal do Espírito Santo, Laboratório de Planejamento e Projetos LPP/ UFES, Brasil
cristina.engel@ufes.br

ABSTRACT: The study presents a discussion related to Life Cycle Assessment (LCA) in buildings and the use of SimaPro as an auxiliary tool for use in the design stage or later assessment of sustainability on buildings and the viability of the use in relation to reality buildings in inhospitable areas. The objective of the research is, by assessing the materials used in the envelope system designed for the new buildings of the Comandante Ferraz Antarctic Station - EACF, identify the potential use of SimaPro in Antarctica. The results will also assess the critical points for the performance of EACF, pointing improvements in constructive solutions to lower environmental impact and consequent promotion of sustainability in the built environment. The results showed that the use of SimaPro as a helper tool to LCA is feasible and results in EACF feature points for improvement in order to achieve better environmental performance.

Keywords: Sustainability, LCA, Antarctic Station, SimaPro, Antarctic.

RESUMO: O estudo apresenta uma discussão relacionada à Análise do Ciclo de Vida (ACV) em edificações e ao uso do *software* SimaPro enquanto instrumento auxiliar para uso na etapa de projeto ou posterior avaliação de sustentabilidade de edificações, e a viabilidade do uso em relação à realidade de edificações em áreas inóspitas. O objetivo da pesquisa é, através da avaliação dos materiais usados no sistema de envelope projetado para as novas edificações da Estação Antártica Comandante Ferraz – EACF, identificar a potencialidade do uso da ferramenta SimaPro na Antártica. Os resultados permitirão, ainda, avaliar os pontos críticos para o desempenho da EACF, apontando melhorias nas soluções construtivas para menor impacto ambiental e consequente fomento da sustentabilidade no ambiente construído. Os resultados demonstraram que o uso da ferramenta SimaPro como auxiliadora à ACV é viável e os resultados obtidos na EACF apresentam pontos passíveis de melhoria, a fim de obter melhor desempenho ambiental.

Palavras-chave: Sustentabilidade, ACV, Estação Antártica, SimaPro, Antártica.

1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil apresenta elevados índices de impacto ambiental, desde a extração de materiais para o canteiro de obras até a destinação final dos resíduos. O Conselho Internacional da Construção – CIP – aponta a indústria da construção como o setor de atividades humanas que mais consome recursos naturais e utiliza energia de forma intensiva, gerando consideráveis impactos ambientais. Mais de 50% dos resíduos sólidos gerados pelo conjunto das atividades humanas são provenientes da construção (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2013). Além dos impactos ambientais, essa atividade possui fundamental participação econômica com grande geração de empregos e parcela significativa no produto interno bruto (PIB) de diversos países (SILVA, 2005). Todos esses fatores combinados com a necessidade do usuário em ter uma melhor qualidade de vida, bem como dos órgãos governamentais em minimizar o impacto

ambiental no ambiente construído com uma política de ecologia e defesa ao meio ambiente, fez com que a atenção de diversos agentes da construção civil fosse atraída para a direção de uma construção que busca a sustentabilidade, visto que o setor da construção civil se configura, dessa forma, como ponto estratégico de intervenção para se alcançar o desenvolvimento sustentável (SILVA, 2003).

Com o intuito de avaliar impactos ambientais gerados por essa indústria e intervir em melhorias para a sustentabilidade no ambiente construído é que foram realizados investimentos na criação de ferramentas de avaliação de impacto. Nos processos de avaliação, observa-se o destaque dado aos aspectos inerentes aos materiais, com especial ênfase para a etapa de especificação dos mesmos, normalmente realizado pelo profissional de arquitetura, que atua como responsável pela tarefa. Uma das metodologias usadas e amplamente reconhecida é a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), também comumente chamada pela nomenclatura em inglês *Life Cycle Assessment* (LCA).

A preocupação com a sustentabilidade torna-se ainda mais relevante quando considerado como limite territorial a Península Keller, na Antártica. O continente possui política de preservação e é apresentada como a região do planeta mais sensível às mudanças climáticas (ALVAREZ et al., 2007; ALVAREZ, 2014). Ainda há no mercado certa dificuldade em estabelecer valores ambientais às construções, em especial pela ampla interpretação da *sustentabilidade*. Nesse contexto, os sistemas de classificação de desempenho, as ferramentas de análise e esquemas de certificação servem para fomentar, encorajar e contribuir para a melhoria do desempenho dos edifícios (SILVA, 2003), em especial, tratando-se de novas construções em ambientes inóspitos, onde o impacto ambiental, paisagístico e da arquitetura podem ser mais evidenciados, se comparado às áreas urbanas já consolidadas.

A Análise do Ciclo de Vida (ACV) é uma das ferramentas cientificamente mais reconhecida para avaliar o desempenho ambiental de produtos, processos ou sistemas (BRAGANÇA et al., 2011). Porém, no desenvolvimento da metodologia, a frequente indisponibilidade de dados, consolidados e representativos, tornam a ferramenta questionável, gerando resultados com falta de credibilidade, atuando na integridade do estudo (SILVA, 2003).

1.1 Softwares para ACV e o SimaPro

Como auxiliares da metodologia, a produção de bases de dados confiáveis e mais extensas para alimentar as análises são estudadas em paralelo à criação de *softwares* computacionais que visam apoiar a condução de estudos ambientais de ACV de forma mais clara, objetiva e confiável (SILVA, 2003; FERREIRA, 2004). Os *softwares* para ACV auxiliam na execução do estudo, principalmente na análise do inventário de ciclo de vida, permitindo que o processamento dos dados ocorra de maneira mais fácil, imparcial e rápida, além de garantir cálculos de maior confiança, originando relatórios finais de maior consistência (RODRIGUES et al., 2008). Esses softwares, normalmente, possuem bases de dados disponíveis para simulações, facilitando o gerenciamento de dados e minimizando o tempo com relação à coleta de dados, além de permitirem a avaliação dos impactos e gerarem interpretações de maneira gráfica, de fácil visualização.

Dos principais sistemas computacionais, o SimaPro destaca-se pela maior simplicidade, flexibilidade de manipulação e adaptabilidade a diversos objetos, fatores que levam ao seu considerável uso dentre os segmentos industriais, públicos e privados, e como ferramenta de gerenciamento de dados para vários *softwares* e banco de dados comercialmente disponíveis.

Como ponto crítico para a realidade brasileira – e de muitos outros países em situação semelhante – destaca-se a inexistência de base de dados confiável, que permita a inserção das informações de forma a obter um resultado efetivamente coerente com a realidade do lugar. Para a realidade no continente antártico, observa-se como característica fundamental na análise, de que não há produção ou extração de materiais, e que os sistemas construtivos são,

necessariamente, externos ao lugar. Todo e qualquer material utilizado para a construção de edificações na Antártica envolve uma complexa logística de transporte, sendo que a legislação pertinente obriga também ao controle da produção e gestão de resíduos de modo a minimizar os possíveis impactos ambientais na região.

1.2 A Península Keller e a Estação Antártica Comandante Ferraz

A Antártica é a região do planeta mais sensível às mudanças climáticas, cujas alterações podem ser facilmente perceptíveis (FANTICELE, 2011). Possui características ambientais peculiares: baixas temperaturas, fortes rajadas de ventos, isolamento e preservação do ambiente natural, que induzem à busca da sustentabilidade no processo de ocupação humana (CRUZ et al., 2007). A Península Keller, encontra-se inserida na Área Antártica Especialmente Gerenciada (AAEG) da Baía do Almirantado, localizada na Ilha Rei George, a cerca de 3200 km do Polo Sul e 4000 km da cidade de Rio Grande (RS), Brasil (SOUZA, 2008). Sendo uma das ilhas subantárticas, a Ilha Rei George, configura-se como a região mais povoada da Antártica.

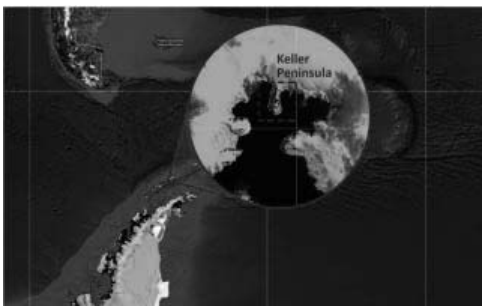


Figura 1. Localização da Ilha Rei George com destaque para a Península Keller. Fonte: FERRAZ et al, 2012

Alvarez (2007) destaca que projetar edificações na Antártica significa lidar com condicionantes incomuns aos meios urbanos tradicionais, pois além do rigor climático devem ser considerados os aspectos relativos ao apoio logístico disponível, que acaba determinando a configuração final da proposta. Para Fanticele (2011), a questão da logística de materiais é de grande importância no processo de projeto, pois envolve um planejamento minucioso e que considere os diversos meios envolvidos, desde o trajeto do continente de origem – onde são fabricados os materiais –, até montagem final na Antártica. Ainda, se considerado o sistema de transporte total para o ciclo de vida dos materiais, deve ser acrescido o percurso de extração da matéria prima e para gestão de resíduos, logística que deve ser levada em consideração para qualquer edificação ou sistema, em especial para áreas inóspitas e em áreas de proteção ambiental.

1.3 O sistema de envoltória na Antártica

O sistema de envelope, ou sistema de envoltória do edifício, é o responsável por separar o ambiente interno do ambiente externo; limitar a transferência de calor, ar, umidade, ruído, fogo e poeira (QUIROUETTE, 2004). Para ser eficaz, o sistema deve ser responsável por fazer com que o ambiente interior esteja protegido de qualquer intempérie ou agente externo indesejável, como por exemplo, correntes de ar, chuva e animais.

A envoltória também pode servir como mecanismo auxiliar na diretriz de conservação de energia, minimizando o uso de equipamentos mecânicos e o consumo de combustíveis. Os projetistas das novas edificações da EACF preveem que com o sistema de envelope, seja possível elevar em até 15°C a temperatura dos ambientes internos da Estação (SECIRM, 2014).

Observa-se ainda que a escolha adequada dos materiais componentes da envoltória pode auxiliar na minimização da toxicidade e liberação de compostos orgânicos voláteis (VOC), auxiliando na melhor qualidade do ar interno e saúde do usuário. Ainda, o método construtivo da envoltória pode responder ao requisito de flexibilidade, tornando exequível – ou não – a ampliação ou redução da edificação. Como um dos aspectos de maior relevância quando se

considera o ambiente antártico é a priorização na diminuição da necessidade de manutenção, sendo a envoltória um elemento fundamental para atuar como ferramenta facilitadora da manutenção da edificação.

A composição do painel do sistema de envelope que integra as novas edificações é constituída de duas superfícies externas produzidas a partir de bobina de chapa de aço galvanizado (0,75mm) revestido com pintura PVDF, com camada interna preenchida por espuma rígida de poliuretano (PUR). O painel é usado para cobertura, vedação vertical externa e piso da edificação.



Figura 2. Painel sanduíche adotado na envoltória das novas edificações da EACF.

Os painéis são divididos em dois tipos: *Painel envoltório tipo sanduíche 220 mm*; e *Painel envoltório tipo sanduíche 170 mm*, sendo este usado no edifício técnico (garagem e casa de máquinas), e o do tipo 220 mm usado no restante da edificação (Figura 3).

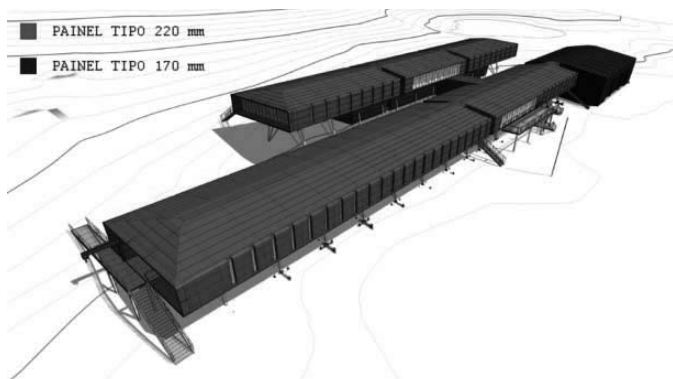


Figura 3. Perspectiva das novas edificações da EACF. Fonte: Comissão Interministerial Para Os Recursos Do Mar, 2013.

2 OBJETIVO

O objetivo da pesquisa foi, através da avaliação dos materiais usados no sistema de envelope projetado para as novas edificações da EACF, identificar a potencialidade do uso da ferramenta SimaPro na região antártica e, eventualmente, em outras áreas remotas semelhantes. O recorte da pesquisa foi estabelecido no desenvolvimento de uma avaliação do ACV, simplificada, para analisar o sistema de envoltória das novas edificações da EACF, visando, sempre que possível, as etapas de extração da matéria-prima, sua transformação industrial em material composto e seu transporte e montagem na Antártica, desconsiderando os estágios de armazenagem e etapas pós-fabricação (uso, reuso e manutenção).

3 METODOLOGIA

Posterior às etapas de revisão bibliográfica, aquisição do *software* Simapro e treinamento, para efeito de análise foi estabelecida a subdivisão do sistema de envoltória em subsistemas sendo: (1) Subsistema pintura, (2) Subsistema poliuretano, (3) Subsistema invólucro metálico, (4) Subsistema esquadrias e (5) Subsistema materiais de vedação, de modo a facilitar a análise e interpretação dos dados.

Na etapa de avaliação de impactos foi adotado o método do Eco-indicator 99, que interpreta os dados da planilha de inventário em categorias de danos referentes a recursos (minerais e combustíveis fósseis), qualidade dos ecossistemas (acidificação/eutrofização, ecotoxicidade e uso do solo) e saúde humana (substâncias carcinogênicas, compostos orgânicos e inorgânicos respiráveis, mudança climática, depleção da camada de ozônio e radiação), ou apresentando em pontuação única, como índice ambiental do sistema (SILVA, 2005).

3.1 Metodologia da ACV

A metodologia de Análise do Ciclo de Vida (ACV) foi desenvolvida e é utilizada há dezenas de anos (BRANGANÇA, 2011), mas foi com o desenvolvimento da série de normas ISO 14.000, que a metodologia foi normalizada, e os enfoques passaram a ser direcionados sob uma visão holística dos ciclos de vida de seus produtos e processos de produção, partindo da conscientização de que qualquer produto, processo ou atividade produz impactos no meio ambiente desde o momento em que são extraídas as matérias-primas, até sua disposição final (SILVA, 2005).

Segundo as normas ISO 14040, os estudos de ACV respeitam uma metodologia com quatro fases claramente estabelecidas: (1) definição dos objetivos e âmbito do estudo; (2) a realização de um inventário do ciclo de vida (dos consumos de matéria e energia e das emissões de cada etapa do ciclo de vida); (3) avaliação dos impactos que estes consumos e emissões podem provocar no meio ambiente, e por fim, (4) uma interpretação dos resultados.

3.2 Definição de objetivo e escopo

A definição do objetivo e escopo envolveu a seleção da base de dados a serem utilizadas; o estabelecimento da função e unidade funcional para a normalização dos fluxos de entrada e saída do inventário; delimitação das fronteiras do sistema e a seleção do método de avaliação de impactos ambientais. O *software* SimaPro disponibiliza campos de apoio que possibilitaram a documentação dos procedimentos e de aspectos relevantes para o contexto da análise.

3.3 Unidade funcional

A unidade funcional adotada foi definida a partir da função desejada, sendo, portanto, a quantidade em quilos (kg) de materiais para 1m² de envoltória da edificação.

3.4 Delimitação das fronteiras do sistema

Adotou-se como critério considerar os fluxos de segunda ordem (de materiais e energético), havendo a exclusão da análise dos fluxos com contribuições inferiores a 5%, mediante o critério físico de simplificação.

Para os dados de energia elétrica foi utilizada a base de dados disponível no SimaPro, contemplando o completo ciclo de vida da produção da energia elétrica, sendo consideradas as entradas e saídas relativas à extração da energia primária, refinamento, distribuição, extração dos recursos minerais, produção das matérias-primas, fabricação de materiais, transporte de serviços e tratamento de resíduos, além dos bens de capital necessários à construção da infraestrutura da usina de energia, transmissão, transformação e distribuição da eletricidade usada.

Devido à variabilidade dos meios de transporte utilizados, envolvendo distâncias e consumos diferenciados de combustível fóssil, não foram considerados as entradas e saídas resultantes do transporte entre as fases de extração da matéria prima, refinamento e distribuição ao local de produção, como também, os transportes associados à manutenção dos equipamentos. Observa-se que tal recorte foi adotado, também, em função da pouca relevância dessas etapas no contexto geral da realidade antártica.

O ciclo de vida da envoltória portanto, compreendeu as etapas de extração da matéria prima, fabricação e processamento de matérias primas, distribuição, montagem e instalação das peças,

desinstalação e gestão de resíduos.

3.5 Construção e análise do inventário

Em um primeiro momento, fez-se necessário a coleta de dados dos processos envolvidos, a partir da delimitação das fronteiras do sistema. Os dados foram obtidos junto ao memorial descritivo do projeto para nova EACF disponibilizado pela Secirm (<https://www.mar.mil.br/secirm/proantar.html#reconstrucao>, acesso em: 3 de ago. 2014), bem como em bases de dados internacionais e normas técnicas.

Quanto aos fluxos de entradas e saídas inerentes ao sistema, o SimaPro apresentou-se como ferramenta facilitadora, pois quando há a inserção dos dados de entrada, relativos a materiais, transporte, energia, processamento e uso, o *software* organiza as entradas nos âmbitos da ecossfera (extraídos diretamente dos recursos naturais), materiais e combustíveis (fluxos fornecidos por sistemas industriais, relacionados às etapas de transporte e processamento) e apresenta como resultados, associações entre os sistemas através de planilhas ambientais e árvores de processos, facilitando a visualização das entradas e saídas. O SimaPro permite, em paralelo à construção do inventário e por checagens da integridade dos resultados, identificar substâncias não computadas pela ausência de fatores de caracterização normalizados, assim como a existência ou conflito de nomes de processos ou dependência de dados.

3.6 Etapas da ACV

Com o objetivo de avaliar o efeito individual de cada classe de impacto sobre a saúde humana, qualidade dos ecossistemas e depleção de recursos naturais, para assim, identificar pontos críticos e possibilidades de atuação e melhoria no sistema de envoltória, deu-se sequência as etapas de *classificação, caracterização, normalização e valoração dos impactos*.

A *classificação* envolveu a organização de todas as substâncias e separação em classes (ou categorias) de impacto, mediante o efeito que as substâncias provocam sobre o ambiente.

A *caracterização* objetivou uma análise quantitativa dos potenciais impactos ambientais identificados, indicando a intensidade das contribuições das entradas e saídas do sistema. As emissões foram multiplicadas por pesos antes de serem agregadas em classes de impacto e categorias de danos ambientais.

A *normalização e valoração* apresentaram-se como critérios de comparação entre as diferentes classes, de modo a permitir a visualização de níveis de impacto ambiental. Na normalização é possível visualizar a contribuição relativa de cada efeito; já na valoração foram atribuídos pesos, de modo a representar a importância relativa dos impactos.

3.7 Apresentação e discussão dos resultados

A etapa de discussão dos resultados consistiu na avaliação dos gráficos e tabelas gerados pelo SimaPro com a respectiva identificação dos impactos, de acordo com os fluxos e processos de maiores significâncias ambientais. Os resultados obtidos permitiram, ainda, a avaliação de adequabilidade no uso do SimaPro para a realidade antártica.

4 RESULTADOS

Nos gráficos das Figuras 4 a 9 são representados os processos de produção do sistema de envoltória (cor laranja) e o processo de gestão de resíduos, desde a desmontagem até a destinação final (cor verde). É possível constatar que a partir da caracterização dos efeitos ambientais, avaliação de danos (Figura 4), normalização (Figuras 5 e 6), valoração (Figuras 7 e 8) e agregação dos impactos ambientais em índice ambiental do sistema (Tabela 1), observa-se que a produção do aço utilizado como revestimento do painel sanduíche corresponde ao fluxo de maior impacto ambiental do sistema, com impactos sobre as categorias de depleção dos recursos naturais com consumo de combustíveis fósseis e minerais.

Ainda, como contribuição relevante, no processo de montagem e distribuição das peças, o transporte desde a Alemanha (fabricação e distribuição dos painéis) para a Antártica apresenta-se como potencial impacto incidente sobre os recursos (minerais e combustíveis fósseis) e saúde humana (compostos inorgânicos respiráveis). Em menores proporções, é conveniente destacar que as cargas liberadas pela produção do aço, também atuam na qualidade dos ecossistemas.

Na gestão de resíduos, os potenciais impactos atuam sobre a saúde humana com a liberação de compostos inorgânicos respiráveis e sobre os recursos com o uso de minerais e combustíveis fósseis. O impacto pode ser explicado pela baixa percentagem de reciclagem do PUR (Luckmann, 2005).

Tabela 1. Agregação dos valores dados às classes de impactos ambientais em categorias de danos.

Categorias de danos	Unidade	Total	Aço	PUR	Tinta
Total	Pt	36,506	23,4726	10,4815	0,78691
Saúde Humana	Pt	16,669	10,5627	4,33082	0,47997
Qualidade dos ecossistemas	Pt	5,75703	5,43628	0,19897	0,03394
Recursos	Pt	14,0799	7,47363	5,9517	0,27301

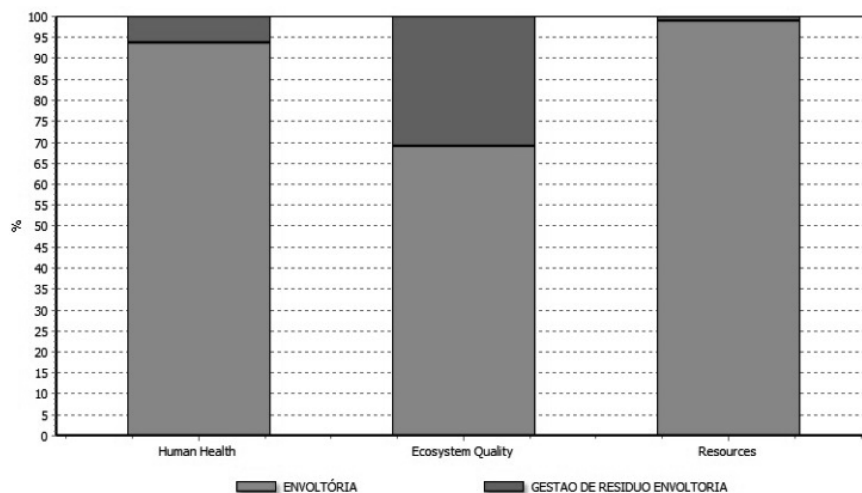


Figura 4. Avaliação de danos ambientais associados ao ciclo de vida dos materiais de envoltória da EACF.

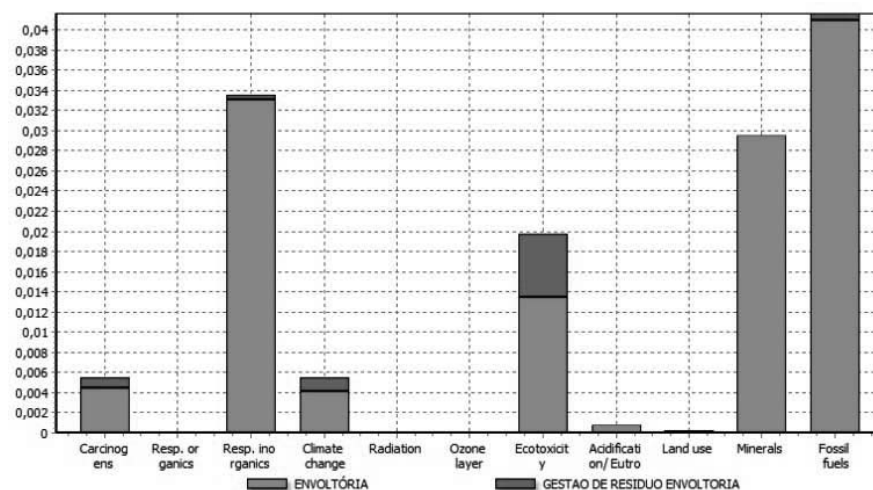


Figura 5. Normalização dos impactos ambientais do ciclo de vida dos materiais da envoltória da EACF com base nos efeitos provocados por um cidadão europeu em um ano. Os efeitos foram associados a cada classe de impacto.

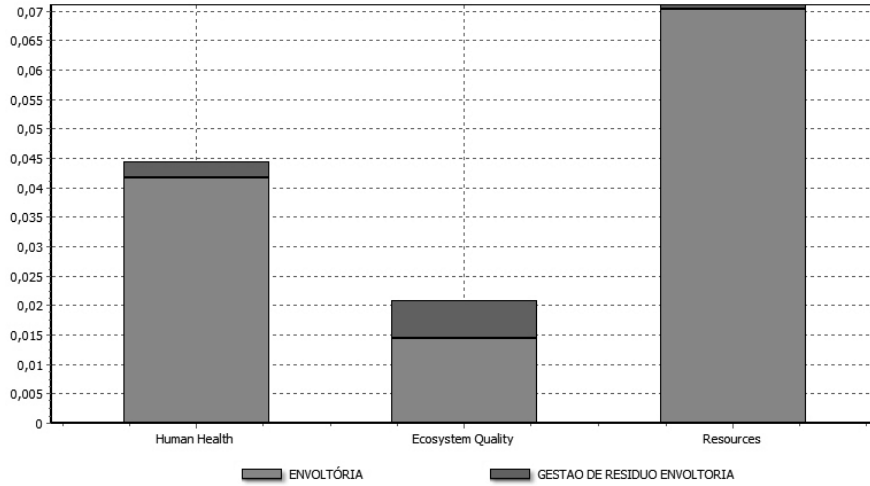


Figura 6. Normalização dos impactos ambientais do ciclo de vida dos materiais da envoltória da EACF com base nos efeitos provocados por um cidadão médio europeu em um ano. Os efeitos associados a cada classe de impacto foram multiplicados pelos respectivos fatores de referência e agregados em categorias de danos.

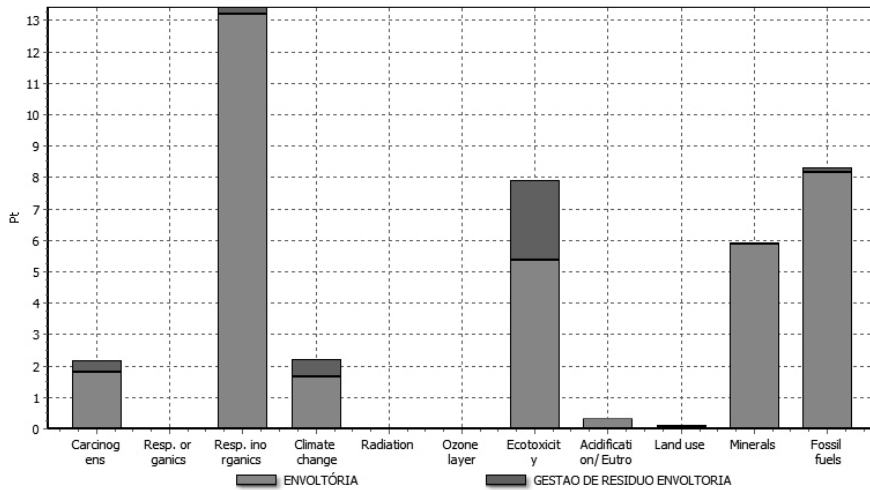


Figura 7. Valoração (ponderação) dos impactos ambientais associados ao ciclo de vida dos materiais de envoltória da EACF associados às classes de impacto.

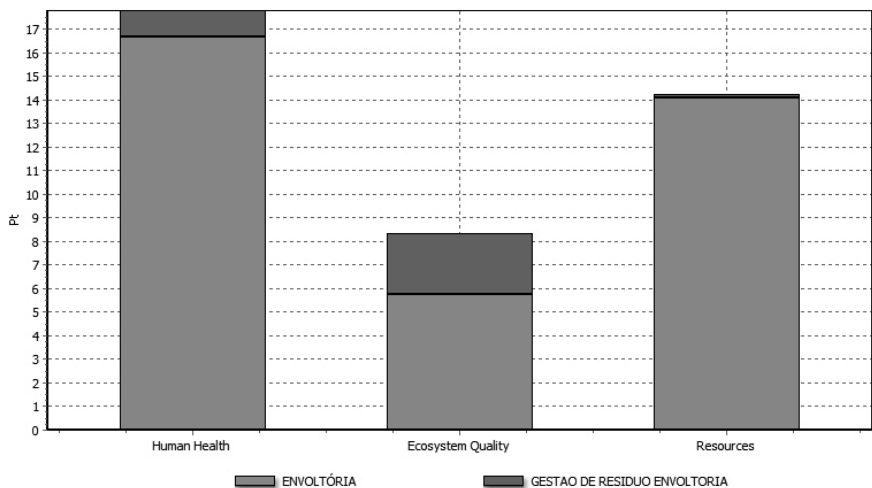


Figura 8. Valoração (ponderação) dos impactos ambientais associados ao ciclo de vida dos materiais de envoltória da EACF agregados em categorias de danos.

Os potenciais impactos ambientais sobre a saúde humana (16,669 Pt) estão relacionados com o processo de emissão pela produção do aço utilizado no painel sanduíche (10,56 Pt), resultando

na liberação de compostos inorgânicos respiráveis (13,2 Pt). Sobre a qualidade dos ecossistemas (5,75 Pt), também no processo de fabricação do aço, resulta o impacto com a ecotoxicidade (5,38 Pt). Quanto aos recursos (14,07 Pt), o impacto incide sobre o uso de combustíveis fósseis (8,18 Pt), na fabricação da espuma rígida de poliuretano (PUR), e sobre ao uso de minerais (5,89 Pt), na fabricação do aço. Ainda, é conveniente avaliar os valores incidentes dos transportes.

5 CONCLUSÃO

Pesquisas sobre a Análise do Ciclo de Vida contribuem para a difusão da metodologia, bem como a apresentação de ferramentas que servem para simplificá-la, tornando a ACV uma metodologia mais aplicável e simples. Objetivando fornecer apoio para a confiabilidade dos resultados, o SimaPro, mesmo que não possua base de dados referente à realidade brasileira, permite a inclusão de dados nacionais, cabendo aos pesquisadores a inserção de dados que possam ser mais adequados à realidade local e do método de produção do material estudado, possibilitando também a difusão dos dados inseridos para que novos estudos possam ser realizados. Ainda, para essa pesquisa, o SimaPro apresentou-se como ferramenta viável e de obtenção de resultados fidedignos à realidade. O uso de dados fornecidos pelo *software* demonstrou ser viável, pois o método de extração da matéria e fabricação do sistema analisado é de origem europeia e os métodos de fabricação europeus estão disponíveis na base de dados da ferramenta. Considerando que grande parte dos sistemas construtivos atuais adotados nas recentes edificações antárticas são oriundos de países europeus, norte-americanos e asiáticos, é possível conjecturar que o SimaPro tem potencial para ser utilizado em outras situações de análise.

A partir dos resultados obtidos, observou-se que, hierarquicamente, o processo de fabricação do aço utilizado nos painéis sanduíche da envoltória corresponde ao fluxo de maior significância no processo, seguido pelos impactos das emissividades provenientes dos transportes a longas distâncias (desde Alemanha até a Antártica), e dos recursos utilizados para o processo de transporte.

Como pontos passíveis de melhoria no caso específico da EACF, propõe-se:

- A busca por aço que contenha material reciclado ou substituição do mesmo por material que corresponda aos requisitos de desempenho, a fim de minimizar os impactos dos fluxos provenientes do processo de produção do material usado;
- Como um dos principais impactos está relacionado à emissividade do transporte feito da empresa prestadora de serviço (Alemanha) até a locação de destino (Antártica), a seleção de fabricantes de origem mais próxima (como países da América do Sul, dentre eles, o Brasil) reduziria a distância percorrida pelo transporte, e consequentemente, reduziria consideravelmente os impactos gerados.
- A gestão do pós-vida da espuma rígida de PUR de maneira a encontrar funcionalidade para seus resíduos, poderia aumentar o percentual de reciclagem do material. Estudos desse tipo já têm sido realizados por pesquisadores, porém, sua disseminação ainda é pequena.
- A disseminação do estudo da ACV junto à indústria da construção civil, a fim de buscar melhorias na qualidade ambiental do que se é projetado.
- O incentivo à produção de base de dados nacional, visando contribuir para a aproximação e clareza dos resultados obtidos por *softwares* internacionais, além de contribuir para a disseminação da metodologia no Brasil.

AGRADECIMENTOS

Ao INCT-APA – Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia Antártica de Pesquisas Ambientais e à CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pelo apoio financeiro;

e a Secirm – Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar por disponibilizar material e dados de suporte para as simulações.

REFERÊNCIAS

Alvarez, C. E. de; Casagrande, B.; Soares, G. R. 2007. . Resultados alcançados com a implementação do plano diretor da Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF). In : IV Encontro Nacional e o II Encontro Latino Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis., *Campo Grande, 2007*. ANTAC.

Alvarez, C. E. de. 2014. Edificações na Antártica. *Antártica, 2048: Mudanças Climáticas e Equilíbrio Global* (1): 98-113.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). 2009. *Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura: NBR ISO 1404*.

Bragança, L. & Mateus, R. 2011. *Avaliação do ciclo de vida dos edifícios: Impacte ambiental de soluções construtivas*. Minho, Portugal: Multicomp.

SECIRM. 2014. Disponível em: <https://www.mar.mil.br/secirm/>. Acesso: 3 de ago. 2014.

Cruz, D. O.; Alvarez, C. E. De & Reis, N. C. 2007. A qualidade do ar interior da Estação Antártica Comandante Ferraz - EACF. In Encontro Latinoamericano de Edificações e Comunidades Sustentáveis, *Campo Grande, 2007*. ELECS.

Fanticele, F. B. 2011. *Avaliação de conforto térmico na Estação Antártica Comandante Ferraz*. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Espírito Santo: Vitória.

Ferraz, N.; Rúbia K. & Alvarez, C. E. de. 2013. Diretrizes para sinalização na Península Keller, Antártica. In Encontro Latinoamericano de Edificações e Comunidades Sustentáveis, *Curitiba, 2013*. ELECS.

Ferreira, J. V. R. 2004. *Análise de ciclo de vida dos produtos. Gestão Ambiental*. Instituto Politécnico de Viseu: Portugal.

Luckmann, L. 2005. *Reciclagem de resíduos de espuma de poliuretano através da incorporação em polímeros termoplásticos, ABS PSAl e PS*. Dissertação (Mestrado). Universidade do estado de Santa Catarina: Santa Catarina.

Ministério do Meio Ambiente. 2013. *Construção Sustentável*. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/constru%C3%A7%C3%A3o-sustent%C3%A1vel>. Acesso em: 08 de ago. de 2014.

Quirouette, R. 2014. *Air pressure and the building envelope*. Canada Mortgage and Housing Corporation.

Rodrigues, C. R. B.; Zoldan, M. A.; Leite, M. L. G. & Oliveira, I. L. 2008. Sistemas computacionais de apoio a ferramenta análise de ciclo de vida do produto (ACV). In XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Rio de Janeiro, 2008.

Silva, J. G. 2005. *Análise do ciclo de vida de tijolos prensados de escória de alto-forno*. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Espírito Santo: Vitória.

Silva, V. G. 2003. *Avaliação da sustentabilidade de edifícios escritórios brasileiros: diretrizes e base metodológica*. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo: São Paulo.

Souza, J. E. B de. 2008. *Brasil na Antártica: 25 anos de história*. São Carlos: Vento Verde Editora.