

FRAMEWORK PARA AUXÍLIO À ELABORAÇÃO DO BEP VISANDO À PRODUÇÃO DE EDIFICAÇÕES SUSTENTÁVEIS

Monica S Salgado⁽¹⁾

(1) Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, ID ORCID 0000-0003-4098-8335

Resumo

A produção de edificações depende da adequada gestão de requisitos e indicadores durante o processo de projeto, e o projeto colaborativo e integrado proposto pelo ambiente BIM (Building Information Modeling) pode promover a realização de projetos com qualidade ambiental. A adoção do BIM implica um sistema de gestão organizado, com o registro da estrutura no Plano de Execução BIM (BIM Execution Plan – BEP) documento firmado pela equipe do projeto, que estabelece de que forma o modelo será produzido e atualizado, incorporando informações sobre o processo de gestão. Considerando o número significativo de requisitos ambientais a serem atendidos, a variabilidade inerente às tipologias edilícias e a crescente complexidade do processo de gestão de projetos, o objetivo deste artigo é apresentar um framework que possa auxiliar o gerente de projetos na elaboração do BEP para produção de edificações sustentáveis. O método adotado foi a análise cruzada considerando os requisitos definidos pelos principais sistemas de classificação ambiental adotados no Brasil (LEED, AQUA e SELO AZUL), as etapas de projeto, e os usos do modelo BIM. Ressalte-se que a proposta pode ser adotada para outras certificações (BREEAM, HQE, DGNB, entre outros) na medida que as categorias ambientais são comuns aos diferentes sistemas. A estrutura proposta revela a necessidade de se considerar uma nova abordagem de gestão desde o início do planejamento do empreendimento para que seja possível atingir adequadamente as metas de sustentabilidade ambiental.

1. Introdução

A indústria da construção civil é responsável pelos impactos negativos ao meio ambiente, consequentemente, contribuindo com as mudanças climáticas. No Brasil o setor detém 35% das emissões de CO₂ e produz entre 45% e 65% dos resíduos sólidos, depositados em aterros e locais inadequados. [1] Dessa forma, os profissionais de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) assumem um papel fundamental no desenvolvimento de estratégias voltadas para a construção de edifícios que incorporem requisitos de sustentabilidade, e o gerente de projetos é um ator importante na equipe, sendo o responsável por definir e acompanhar o desenvolvimento do projeto e atendimento às metas ambientais.

A produção de edificações com qualidade ambiental depende da gestão de um número significativo de requisitos e indicadores, o que exige alterações no processo de gestão de projetos e o estabelecimento de um sistema que permita aos profissionais considerar os requisitos desde a concepção do empreendimento.[2] Neste sentido, as atividades de projeto e construção desenvolvidas de forma colaborativa e integrada podem facilitar a transferência de informações, a criação de conhecimento, a coordenação tecnológica e a alocação de recursos para operar de maneira mais eficiente, reduzindo conflitos desnecessários.[3] No entanto, as demandas ambientais nem sempre são incorporadas às práticas de gerenciamento de projetos.[4]

A Modelagem da Informação da Construção (Building Information Modeling – BIM) pode auxiliar na produção de edificações sustentáveis, sendo definida como um conjunto de políticas, processos e tecnologias integradas que geram uma metodologia para gerenciar os dados de projeto e construção em formato digital.[5] Trata-se de um ecossistema de aplicações e processos que permite o uso de informações da construção ao longo do ciclo de vida do ativo.[6] A migração da modelagem digital convencional para o BIM requer um processo bem definido, pois representa uma mudança de paradigma, caracterizada por um ambiente de colaboração.[7] Por esta razão, a adoção do BIM implica um sistema de gestão organizado, com a estrutura do processo registrada no Plano de Execução BIM (BIM Execution Plan - BEP), que constitui num contrato firmado entre os membros da equipe do projeto, definindo como o modelo BIM será construído e atualizado, quais informações serão compartilhadas, as responsabilidades de cada membro da equipe, as tecnologias adotadas, o nível de informação e detalhamento, as normas, o processo de troca de dados e o momento em que cada tipo de informação será inserido no modelo. [8] Para a elaboração do BEP torna-se necessário reconhecer o mapeamento do processo do projeto, permitindo o registro dos métodos e procedimentos de produção e gestão da informação.[9]

Considerando o número significativo de requisitos e indicadores ambientais que contribuem para a construção sustentável, a variabilidade inerente aos tipos de edificações e a crescente complexidade do processo de gestão do projeto, torna-se relevante propor uma estrutura para auxiliar o desenvolvimento do BEP visando à produção de edificações sustentáveis – proposta apresentada neste trabalho.

2. Fundamentação teórica

2.1 Gestão do processo de projeto e BIM

De acordo com a ISO 19650-1:2018, a adoção do BIM pode se beneficiar de um sistema de gestão da qualidade conforme estabelecido pelos requisitos da ISO 9001:2015. A norma destaca a relevância das boas práticas de gestão para viabilizar a organização do processo de projeto: foco no cliente; ciclo PDCA (Planejar-Executar-Verificar-Agir) para desenvolver e fornecer informações para um empreendimento; engajamento das pessoas; foco no compartilhamento de lições aprendidas, e ênfase no processo de melhoria contínua.[10]

As discussões sobre alternativas para apoiar a adoção do BIM levaram à elaboração de diferentes guias sobre as fases do BEP, definidas como: (1) identificar usos de alto valor do BIM durante as fases de planejamento, projeto, construção e operação do projeto; (2) projetar o processo de execução do BIM criando mapas de processos; (3) definir os entregáveis do BIM na forma de trocas de informações; e (4) desenvolver a infraestrutura na forma de contratos,

procedimentos de comunicação, tecnologia e controle de qualidade para apoiar a implementação.[11]

Na elaboração do BEP, uma das informações refere-se à definição dos usos do modelo BIM, que podem ser definidos como um método de aplicação da modelagem durante o ciclo de vida de um projeto para atingir um objetivo específico. Cada uso do modelo implica: um determinado processo; um conjunto de informações; nível de maturidade; impactos potenciais; e referências. [12] Uma das classificações propostas para os Usos do Modelo BIM relaciona estes usos com as etapas evolutivas do projeto, e destaca dois tipos de usos: essenciais e avançados.[13] A figura 1 ilustra esta proposta.

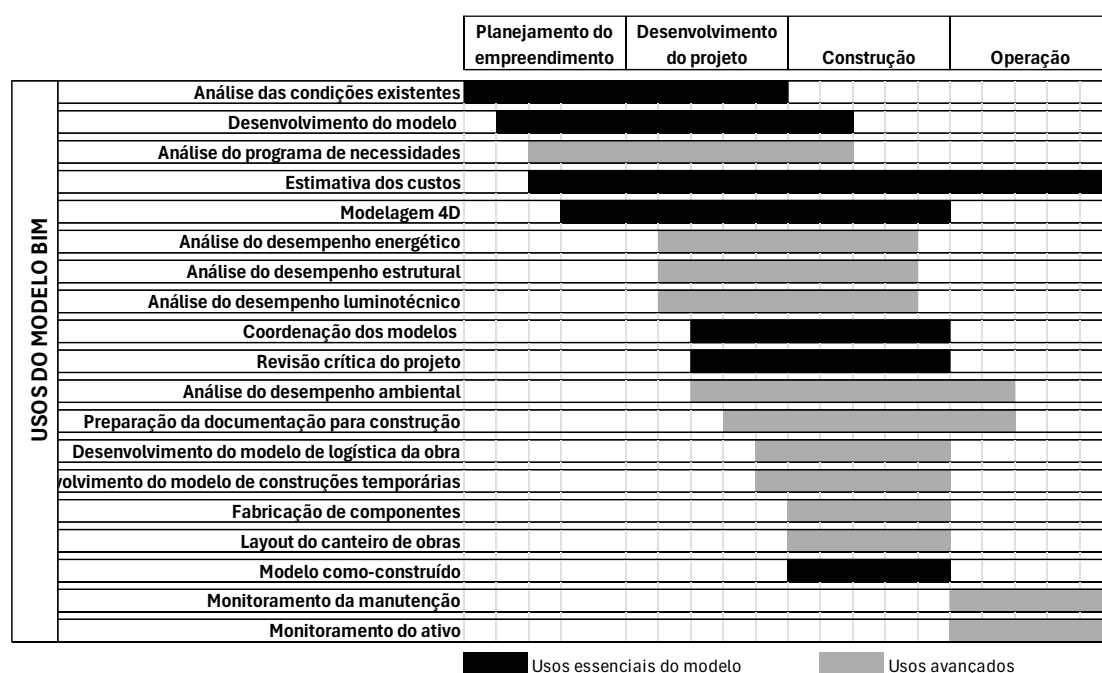


Figura 1. Usos do modelo BIM por fases do projeto (elaborado pela autora adaptado de [13])

A definição dos usos do modelo será realizada pelo gerente do projeto, e depende das características da gestão do empreendimento. Para a produção de edificações sustentáveis, torna-se necessário estabelecer as metas ambientais desde a fase de planeamento.

2.2 Sistemas de avaliação ambiental das edificações

A década de 1990 foi um marco no surgimento das certificações ambientais, com a introdução da ferramenta de classificação inglesa BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), seguida cinco anos depois pelo sistema francês HQE (Haute Qualité Environnementale) e, em 2000, pelo norte-americano LEED (Leadership in Energy and Environmental Design). Uma análise das certificações que surgiram posteriormente confirma que a evolução dos sistemas de classificação em diferentes países se baseia, em grande parte, nos sistemas de classificação iniciais.[14] A figura 2 ilustra os principais sistemas de classificação ambiental e seus países de origem.

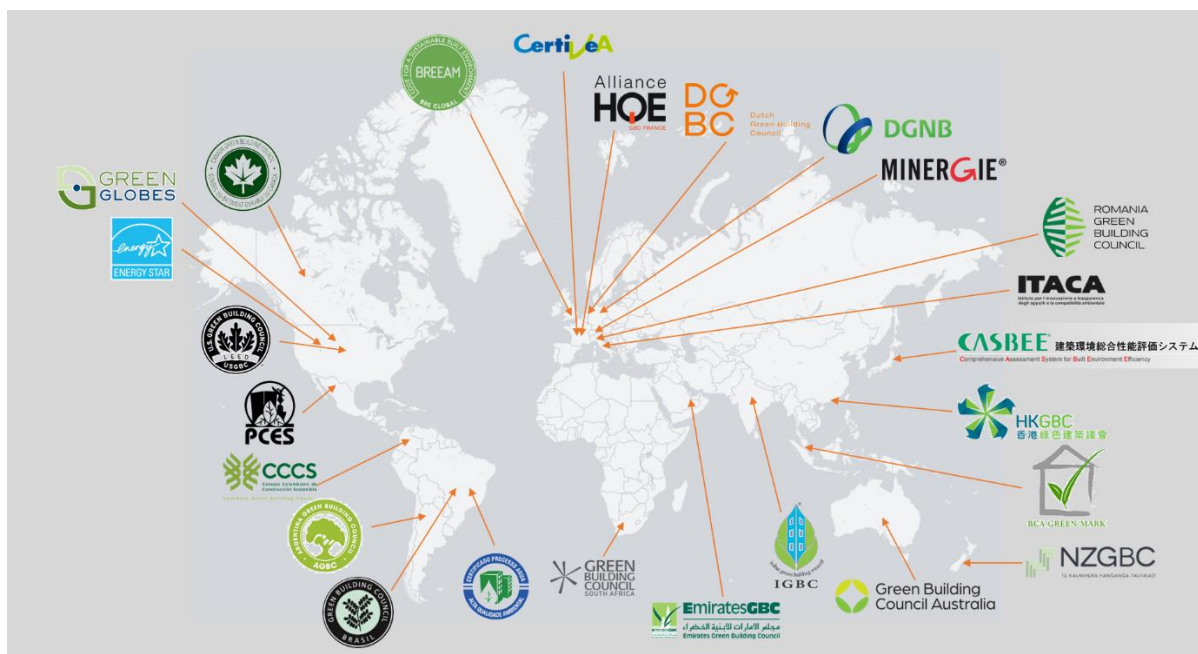


Figura 2 – Principais sistemas de classificação ambiental (elaborado pela autora)

A norma internacional ISO 21941-1:2011 apresenta um conjunto de requisitos e indicadores relevantes para a avaliação da sustentabilidade ambiental de uma edificação ou conjunto de edificações.[15] No entanto, os sistemas de avaliação ambiental não necessariamente tomam por base todos os requisitos propostos pela norma. Pesquisas revelam que a certificação alemã DGNB aborda integralmente os quatorze aspectos da ISO 21929-1. O sistema BREEAM incorporou treze dos quatorze aspectos da ISO 21929-1, enquanto os sistemas HQE (francês) e LEED (norte-americano) apresentaram onze dos quatorze aspectos. Isso não necessariamente significa que sejam menos eficientes, uma vez que apresentam outras características relevantes na busca pela construção sustentável. [16]

No Brasil, entre os sistemas adotados destacam-se: LEED (Leadership in Energy and Environmental Design); AQUA (Alta Qualidade Ambiental) adaptado do método francês HQE; e Selo Azul, que é a designação de um instrumento de classificação ambiental, social e de governança proposto por um banco nacional (Caixa Econômica Federal).

Até janeiro de 2026 foram emitidas 1281 certificações pelo sistema LEED.[17] A região Sudeste do país se destaca entre as cinco regiões do Brasil em número de certificações, principalmente considerando o elevado número de edificações certificadas no Estado de São Paulo. Como o Selo Azul é um sistema de classificação nacional, alguns empresários preferem investir na certificação internacional LEED (a mais popular no Brasil). Por este motivo o Selo Azul conta com 413 empreendimentos certificados [18] enquanto a certificação AQUA registra 1023 certificados. [19]

Os três sistemas são distintos e apresentam características únicas. Mas é possível encontrar aspectos ambientais que apresentam correspondência entre si, conforme ilustra a figura 3.[18][20][21]

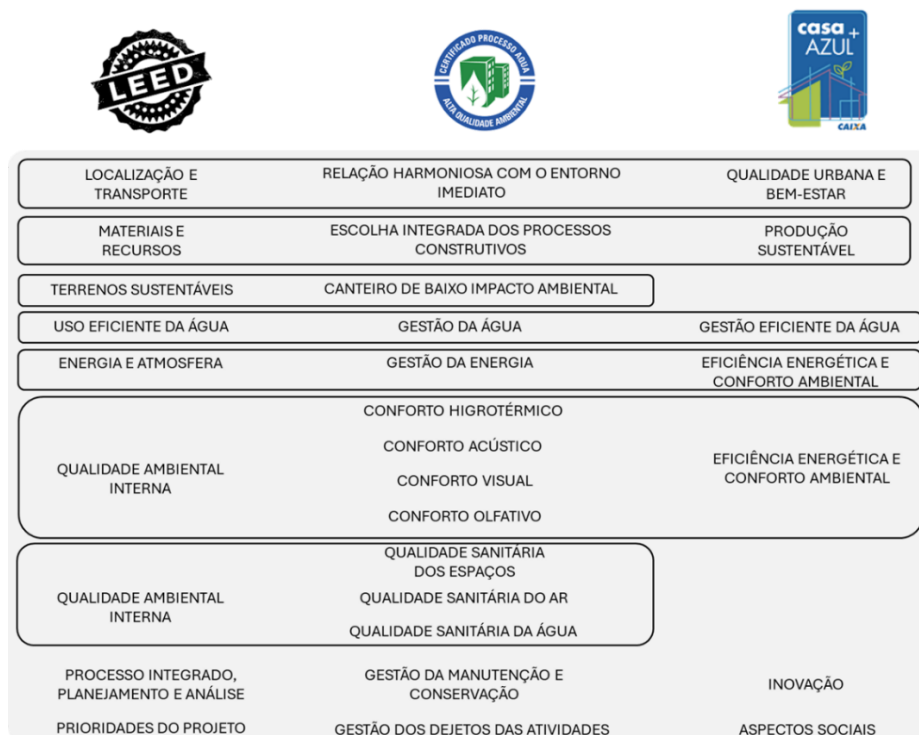


Figura 3 Categorias ambientais dos sistemas de classificação ambiental adotados no Brasil: LEED, AQUA e Selo Azul, respectivamente

Conforme pode-se observar, algumas categorias são específicas. Por exemplo, “Processo integrado” e “Prioridades do projeto” são exclusivas do sistema LEED; “Gestão da manutenção e conservação” e “Gestão dos dejetos das atividades” aparecem em destaque no sistema AQUA; “Inovação” e “Aspectos Sociais” são exclusivos do Selo Azul. Isto não significa necessariamente que estes aspectos não estejam inseridos em outras categorias dos demais sistemas.

3. Metodologia

Com o objetivo de propor um framework para auxiliar a elaboração do BEP na produção de empreendimentos que considerem os requisitos de qualidade ambiental, esta pesquisa foi estruturada em duas etapas: (1) Estudo das categorias e requisitos ambientais para o projeto sustentável e sua relação com as fases de projeto; (2) construção do framework com a correlação entre dos usos do modelo BIM, as categorias ambientais e as etapas de projeto. Foram consideradas as categorias ambientais comuns aos três sistemas estudados. Nesta etapa foi utilizada a técnica intitulada Matriz de Afinidades [22] para agrupar os aspectos que guardam correspondência. O resultado foi o estabelecimento de cinco categorias:

- Categoria 1: localização, transporte, relação harmoniosa com o entorno e qualidade urbana;
- Categoria 2: Materiais, recursos, escolha integrada e produção sustentável;
- Categoria 3: Gestão da energia e eficiência energética;
- Categoria 4: Gestão eficiente do uso da água.

- Categoria 5: Conforto ambiental (térmico, acústico, luminoso)

Em seguida estabeleceu-se a correlação destas categorias ambientais com as etapas de projeto, ou seja, identificando quais etapas de projeto são diretamente impactadas pelas definições projetuais que podem levar ao atendimento aos requisitos de sustentabilidade. A figura 4 indica o resultado desta análise.

Categorias ambientais	Planejamento	Projeto	Construção	Operação
C 1: localização, transporte, relação com o entorno.				
C 2: materiais, recursos, produção sustentável				
C 3: gestão da energia e eficiência energética				
C 4: gestão eficiente do uso da água				
C 5: conforto ambiental (térmico, acústico, luminoso)				

Figura 4: Impacto das categorias ambientais nas etapas de projeto (elaborado pela autora baseado em [23])

A depender do empreendimento todos os aspectos impactam as quatro etapas. Mas neste exercício propõe-se avaliar os principais momentos de decisão na definição de soluções projetuais que possam contribuir para o cumprimento do perfil de qualidade ambiental definido para o empreendimento.

4. Proposta de framework

A fim de auxiliar o gerente de projetos na elaboração do BEP para a produção de edificações sustentáveis, propõe-se uma estrutura baseada nos Usos do BIM, nas categorias ambientais em destaque a partir da análise dos três sistemas estudados, e no cruzamento das informações com as etapas do ciclo de vida da edificação, conforme ilustra a figura 5:



Figura 5 Cruzamento das informações para proposição do framework

Cabe acrescentar que a proposta apresentada não se limita aos sistemas de classificação ambiental indicados, uma vez que a maioria dos sistemas de avaliação ambiental foram

modificados e adaptadas de modelos anteriores (especialmente LEED e BREEAM) que foram originalmente desenvolvidos em outros países.[14] Por este motivo, o framework sugerido pode ser adotado considerando outros sistemas de classificação ambiental. Os 10 usos seleccionados são definidos como quatro Usos Essenciais e seis Usos Avançados, conforme figura 6.

	Planejamento do empreendimento	Desenvolvimento do projeto	Construção	Operação	Categorias ambientais relacionadas
USOS DO MODELO BIM	Análise das condições existentes				Categoria 1
	Desenvolvimento do modelo				Categoria 1/2
	Análise do programa de necessidades				Categoria 1/2/3/4/5
	Análise do desempenho energético				Categoria 3
	Análise do desempenho luminotécnico				Categoria 3
	Coordenação dos modelos				Categoria 1/2/3/4/5
	Revisão crítica do projeto				Categoria 1/2/3/4/5
	Análise do desempenho ambiental				Categoria 1/2/3/4/5
	Monitoramento da manutenção				Categoria 2/3/4
	Monitoramento do ativo				Categoria 2/3/4

Figura 6. Framework para auxílio ao BEP considerando os Usos do modelo BIM, etapas da edificação e cinco categorias ambientais.

Conforme apresentado e destacado na figura 6, o framework coloca em evidência os Usos BIM relacionados. Destaque para quatro Usos que são impactados pelas informações de todas as cinco categorias ambientais listadas, quais sejam: Análise do programa de necessidades; Coordenação dos modelos; Revisão crítica do projeto; e Análise do desempenho ambiental.

5. Discussão

A partir da definição do perfil de qualidade ambiental definido para o empreendimento, este framework poderá ajudar o gerente de projeto na definição das informações que devem constar no BEP, tais como:

- considerando que cada uso do modelo implica um processo, informações, nível de maturidade impactos potenciais e referências [12] **o framework indica quais informações devem ser registradas na construção do modelo levando em consideração o perfil de qualidade ambiental definido para o empreendimento.** Dessa forma, o gerente de projetos deverá consultar o perfil ambiental definido para o empreendimento para saber quais categorias foram definidas e buscar as informações a serem incorporadas ao modelo;
- o gerente de projetos também pode **utilizar o framework na elaboração da Matriz de Responsabilidades do Projeto**, um dos documentos que compõem o BEP, para indicar os profissionais envolvidos, e o grau de comprometimento, sempre a partir do perfil de qualidade ambiental definido para o empreendimento;
- na medida que a matriz de Responsabilidade do Projeto se torna mais detalhada e robusta, torna-se necessário também **definir o sistema e forma de contratação dos especialistas** de forma a viabilizar o atendimento às metas ambientais definidas e a adequada produção dos modelos de informação da construção.

O framework apresentado pode ser expandido incluindo os indicadores para cada conjunto de requisitos. Por exemplo, considerando a categoria 4, relacionada à gestão eficiente do uso da água, entre os aspectos ambientais que compõem esta categoria citam-se [18][20]: medição e relatórios de consumo de água; eficiência mínima no uso da água; medição e detecção de vazamentos; aumento da eficiência no uso da água; previsão de áreas permeáveis; possibilidade de reuso de águas servidas/cinzas; possibilidade de aproveitamento de águas pluviais.

A figura 7 apresenta a **validação conceitual da proposta**, com a análise cruzada numa matriz, relacionando as categorias ambientais às principais seções do BEP considerando o uso BIM para a **Coordenação de modelos**.

	USO do Modelo BIM : Coordenação dos modelos			
Categorias ambientais	Informações gerais do projeto	Etapas	Documentos de referência	Matriz de responsabilidades
C 1: localização, transporte, relação com o entorno.	Definição do perfil de qualidade ambiental e metas ambientais para cada categoria	Planejamento / Projeto	MÍNIMO: Legislação aplicável, Perfil de qualidade ambiental, Plano de Logística Sustentável do empreendimento, Normas técnicas.	Para cada categoria informar: responsável pela execução da atividade (R); responsável pela conclusão e entrega da atividade (A); consulto (C); profissional a ser informado sobre a conclusão da atividade (I)
C 2: materiais, recursos, produção sustentável		Planejamento / projeto / construção / operação		
C 3: gestão da energia e eficiência energética		Planejamento / projeto / construção / operação		
C 4: gestão eficiente do uso da água		Planejamento / projeto / construção / operação		
C 5: conforto ambiental (térmico, acústico, luminoso)		Planejamento / projeto / construção		
	Informações a serem registrada no BEP			

Figura 7 – Validação conceitual da proposta – Matriz com a análise cruzada BEP + categorias ambientais – Uso do Modelo BIM na Coordenação de modelos

Outros impactos que podem ser identificados a partir do cenário evidenciado pelo framework, estão relacionados com: definição das metas do empreendimento; relação dos documentos de referência; definição dos requisitos de espaços; e funções nas etapas do projeto. O mérito desta proposta reside na apresentação do embasamento teórico necessário à adoção do framework com a aplicação prática do esquema num projeto real, a partir das demandas do empreendedor e do cliente.

Determinados Sistemas de Avaliação Ambiental vão além dos aspectos ambientais, e apresentam requisitos relacionados com a sustentabilidade social dos empreendimentos em construção civil. Neste aspecto, tem destaque a certificação alemã DGNB que considera seis dimensões para avaliação: qualidade ecológica, qualidade econômica, qualidade sociocultural e funcional, qualidade técnica e qualidade do processo. [24] O framework proposto atende também a realização dos projetos de acordo com o sistema DGNB no que se refere às categorias ambientais, comuns aos sistemas de avaliação ambiental.

6. Considerações finais

A produção de edificações sustentáveis demanda a definição de requisitos e metas ambientais que devem ser parte do processo de planejamento e projeto desde a concepção do

empreendimento. A adoção do BIM pode ser um importante aliado para atingimento das metas da construção sustentável, uma vez que promove a realização do projeto colaborativo e integrado, facilitando a troca de informações entre os membros da equipe e facilitando a compatibilização entre os requisitos ambientais.

Neste sentido, o framework proposto atinge o seu objetivo uma vez que pode auxiliar o gerente do projeto na elaboração do BEP considerando os Usos do BIM e o atendimento às metas ambientais – independentemente da busca por uma certificação. Entende-se que a estrutura apresentada tem potencial para orientar a elaboração do BEP, reduzindo as divergências e incompatibilidades, evidenciando a importância de se considerar os requisitos ambientais desde o início do processo de projeto e por todo o ciclo de vida da construção.

Cabe destacar que a produção de edificações com qualidade ambiental é uma decisão estratégica, pois a sustentabilidade agrega valor à empresa. Nesse sentido, a associação BIM+Sustentabilidade, é uma estratégia importante na busca pela qualidade ambiental no setor da construção civil. A proposta apresentada pode ser adaptada conforme o sistema de certificação ambiental escolhido pela organização, e conforme o perfil de qualidade ambiental estabelecido para o empreendimento.

Agradecimentos

A autora agradece ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – pelo apoio à pesquisa (Bolsa de Produtividade e Edital Universal).

Referências

- [1] BARBOSA JÚNIOR, I. de O *et al.* “Sustainable practices in the construction sector: an overview of companies operating in Brazil and their contributions to achieving the UN SDGs.” *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 24, e128660, jan./dez. 2024. ISSN 1678-8621 <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212024000100738>
- [2] SALGADO, M. S. *et al.* “Produção de edificações sustentáveis: desafios e alternativas.” *Ambiente Construído*, [S. l.], v. 12, n. 4, p. 81–99, 2012. Available at: <https://seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/view/22603>
- [3] LIU, Y NEDERVEEN, S. VAN HERTOOGH, M. “Understanding effects of BIM on collaborative design and construction: an empirical study in China.” *International Journal of Project Management*, v. 35, n. 4, p. 686-698, 2017.
- [4] MAVI, R.K., *et al.* 2021. “Sustainability in Construction Projects: A Systematic Literature Review.” *Sustainability* 13, no. 4: 1932. <https://doi.org/10.3390/su13041932>
- [5] SUCCAR, B. “Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders.” *Automation in Construction* Volume 18, Issue 3, May 2009, Pages 357-375 <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>
- [6] JERNIGAN F “*Big BIM 4.0: Ecosystems for a Connected World.*” Editor 4site Press. 2017, UK, 444p.
- [7] WEIBULL, J. K. *et al.* “A importância do plano de execução BIM como exigência em contratos para projetos do setor público.” *Gestão & Tecnologia de Projetos*. São Carlos. v19, n2, 2024. <https://doi.org/10.11606/gtp.v19i2.209222>.

- [8] SACKS, R *et al.* “*Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção.*” 3ª Edição, Brasil, Bookman, 2021, 565 p.
- [9] MANENTI, E. *et al.* “Plano de execução BIM: proposta de diretrizes para contratantes e fornecedores de projeto.” *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 20, n. 1, p. 65-85, jan./mar. 2020. ISSN 1678-8621 <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212020000100363>
- [10] ISO 19650-1:2018 “*Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling Part 1: Concepts and principles.*”
- [11] MESSNER, J. *et al.* “*BIM Project Execution Planning Guide - Version 2.2.*” The Computer Integrated Construction Research Program (CIC), Penn State University, 2019 <https://psu.pb.unizin.org/bimprojectexecutionplanningv2x2/>
- [12] KREIDER R G MESSNER J I “A Model Use Ontology.” CIB W78 Conference *Proceedings [...]* Eindhoven, Holanda, 2015, p.432 – 439
- [13] BFB – BIM Fórum Brasil “*Guias de contratação BIM: conceitos básicos e requisitos para contratação BIM.*” volume 1 / coordenação Ricardo Ferreira , Sergio Leusin. -- 1. ed. -- São Paulo : Bim Fórum Brasil - BFB : ABDI, 2023.
- [14] REED, R., *et al.* “A Comparison of International Sustainable Building Tools – an update.” 17th Annual Pacific Rim Real Estate Society Conference, Gold Coast, 2011 *Proceedings [...]* <https://www.prres.org/uploads/727/1870/Reed_International_Rating_Tools.pdf>
- [15] ISO 21929-1:2011 “*Sustainability in building construction — Sustainability indicators Part 1: Framework for the development of indicators and a core set of indicators for buildings.*”
- [16] BRUNO POLLI, *et al.* “Qualitative Analysis of Sustainability Certification Systems Based on ISO 21929-1.” *U.Porto Journal of Engineering*, v. 8, n. 4, p. 47–64, 8 jul. 2022.
- [17] GBC – Green Building Council (2024) Available at <https://www.gbcbrazil.org.br/certificacao/certificacao-leed/empreendimentos/>
- [18] CAIXA ECONÔMICA FEDERAL “*Guia Selo Casa Azul+CAIXA.*” 2024. Available at <https://www.caixa.gov.br/Downloads/selo_casa_azul/guia-selo-casa-azul-caixa.pdf>
- [19] FUNDAÇÃO VANZOLINI <https://vanzolini.org.br/organizacoes/certificacoes/aqua-hqe/>
- [20] LEED V5 Rating System – Building Design and Construction. November, 2025 edition.
- [21] FUNDAÇÃO VANZOLINI “*Referencial de Avaliação da Qualidade Ambiental de Edifícios Não Residenciais em Construção*” <https://vanzolini.org.br/wp-content/uploads/2023/12/rtaqua-hqe-edificiosnao-residenciais-2021.pdf>
- [22] BRASSAND, Michael. “*The memory jogger plus - featuring the seven management and planning tools.*” GOAL/QPC, 1989.
- [23] PLATZER, M. “*Mesurer la qualité environnementale des bâtiments.*” Editions Le Moniteur, Paris, 2009.
- [24] SALGADO, M. S. Architecture and sustainability: the role of environmental rating systems - case study in Brazil. Sustainable Built Environment Conference 2019 Tokyo (SBE19Tokyo) *Proceedings [...]*, v. 294, p. 012059, 9 ago. 2019. DOI 10.1088/1755-1315/294/1/012059