

SUSTENTABILIDADE NA ENGENHARIA CIVIL: INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS E A APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA BIM (*Building Information Modeling* ou Modelagem de Informação da Construção)

SUSTAINABILITY IN CIVIL ENGINEERING: TECHNOLOGICAL INNOVATIONS AND THE APPLICATION OF BIM TECHNOLOGY

Matheus de Lorena Zaniboni ¹
Gerson de Marco²
Fabiana Florian³

<https://doi.org/10.47820/recima21.v3i6.1660>

RESUMO

O setor da construção civil sempre foi alvo por ser um dos setores que mais causam impactos ao meio ambiente, seja pelo uso exagerado de recursos naturais, seja pela intensa geração de resíduos sólidos, seja pelos impactos que as construções causam ao meio ambiente mesmo após prontas para o uso. O setor da construção civil passou a experimentar profundas transformações, sendo necessário cada vez mais, a preocupação com a sustentabilidade. Nesse sentido, passou-se a investigar e desenvolver novas tecnologias capazes de promover a sustentabilidade ambiental do setor da construção civil. Este trabalho tem por objetivo abordar as inovações tecnológicas voltadas à sustentabilidade ambiental no setor da construção civil com a aplicação da tecnologia BIM (*Building Information Modeling* ou Modelagem de Informação da Construção). A utilização do BIM vem crescendo no Brasil, contudo, ainda se trata de um processo que não foi inteiramente assimilado pelas empresas do setor da construção civil brasileira. Foi realizada pesquisa bibliográfica sobre a aplicação da tecnologia BIM no setor da construção civil para compreensão de como essa ferramenta vem revolucionando a maneira de execução de projetos, pois com essa ferramenta também é possível as alterações de layout de forma simples e eficiente bem como levantamento de quantidade de matérias a serem utilizados entre outros. Foi possível concluir que o uso dessa tecnologia é capaz de minimizar os impactos ambientais produzidos pelo setor e, embora incipiente no setor da construção civil, mostra-se extremamente relevante sua adoção.

Palavras-chave: Construção Civil. Impactos Ambientais. Sustentabilidade. Novas Tecnologias. BIM.

ABSTRACT

The civil construction sector has always been a target for being one of the sectors that most impact the environment, either by the exaggerated use of natural resources, either by the intense generation of solid waste, or by the impacts that buildings cause to the environment even after they are ready. for use. The civil construction sector began to experience profound transformations, being increasingly necessary the concern with sustainability. In this sense, it started to investigate and develop new technologies capable of promoting the environmental sustainability of the civil construction sector. This work aims to address technological innovations aimed at environmental sustainability in the civil construction sector with the application of BIM (*Building Information Modeling*) technology. The use of BIM has been growing in Brazil, however, it is still a process that has not been fully assimilated by companies in the Brazilian civil construction sector. Bibliographic research was carried out on the application of BIM technology in the civil construction sector to understand how this tool has been revolutionizing the way in which projects are carried out, because with this tool it is also possible to change the layout in a simple and efficient way, as well as surveying amount of materials to be used, among others. It was possible to conclude that the use of this technology is capable of minimizing the

¹ Graduando no Curso Bacharelado de Engenharia Civil da Universidade de Araraquara- UNIARA. Araraquara-SP. E-mail: matheus-zaniboni@hotmail.com

² Orientador(a) Docente do curso Engenharia Civil da Universidade de Araraquara- UNIARA. Araraquara-SP. E-mail: gdmarco@uniara.edu.br

³ Coorientadora. Doutora em Alimentos e Nutrição. Docente do curso de Engenharia Civil da UNIARA. Email: fflorian_@uniara.com

environmental impacts produced by the sector and, although incipient in the civil construction sector, its adoption is extremely relevant.

Keywords: *Civil Construction. Environmental Impacts. Sustainability. New Technologies. BIM.*

1 INTRODUÇÃO

Desde o início da civilização, o homem utiliza-se dos recursos humanos para sobreviver e, com a industrialização da sociedade, a exploração dos recursos naturais pelo homem ocorreu de forma desenfreada, as frequentes alterações nos padrões de consumo, bem como, as inovações tecnológicas, fizeram com que a quantidade de resíduos sólidos na natureza se multiplicasse (DIAS, 2010).

Paralelamente, os crescentes desastres ambientais e a escassez de recursos naturais, passaram a despertar na sociedade uma nova conscientização ambiental e, na segunda metade do século XX teve início um movimento global em prol do meio ambiente, o qual se traduziu em inúmeros encontros, conferências, tratados e acordos assinados e ratificados por diversos países ao redor do mundo, desenvolvendo-se, a partir de então, a ideia de que o meio ambiente não é um mero depositário dos restos da civilização industrial, mas sim uma parte integrante e necessária do progresso da humanidade (DIAS, 2010).

Desse movimento de conscientização ambiental global, nasceu a concepção de desenvolvimento sustentável, conceito este muito importante para o setor da construção civil, por se observar diariamente diversas construções e demolições com descarte indevido de materiais.

O setor da construção civil é um dos setores mais representativos para a economia, por envolver grande cadeia de valor, movimentando 9,9% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional e gerando mais de 10 milhões de postos de trabalho, tanto que no ano de 2019 avançou mais 2%. (IBGE, 2018)

No entanto, este setor é um dos que gera mais impactos ambientais, sendo responsável por uma produção mundial de resíduos sólidos que transita entre 2 e 3 bilhões de tonelada por ano, representando um dos maiores problemas em áreas urbanas, onde o volume de entulhos provenientes da construção civil pode chegar ao dobro do lixo sólido urbano produzido pela população civil (JOHN, 2004).

Além da geração de resíduos sólidos, estima-se que a construção civil é responsável pelo consumo de 20% a 50% dos recursos naturais absorvidos pela sociedade e, o uso expressivo de recursos naturais, somado à quantia expressiva de entulho produzido e ao descarte inadequado, impõe a necessidade de soluções ambientalmente eficazes (JOHN, 2004).

Essa realidade demanda que se tracem alternativas sustentáveis que promovam a eficiência ecológica da indústria da construção civil.

A readequação das indústrias para atendimento do paradigma ambiental, de modo geral, faz parte de um processo produtivo racional, que visa mitigar os impactos ambientais gerados pelo empreendimento, reaproveitando resíduos gerados no processo de produção, sendo que, essa iniciativa deriva da exigência da sociedade atual, a qual, cada vez mais, preza pela sustentabilidade ambiental (DIAS, 2010).

Nessa direção, há certificações ambientais destinadas a garantir a qualidade sustentável das construções civis, dentre as quais se destacam: o *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED), o Selo Procel de Edificações, a Certificação Aqua e o Selo Casa Azul, os quais tem o condão de atestar se uma construção ou empreendimento segue os preceitos da sustentabilidade (MOBUSS CONSTRUÇÕES, 2017).

Essas certificações, embora não possuam a mesma metodologia, possuem o mesmo objetivo, ou seja, garantir que o empreendimento foi realizado com a utilização de tecnologias que promovam a sustentabilidade.

Integrar em uma plataforma consolidada informações sobre todo o ciclo de vida da obra e sobre todas as etapas e componente de cada parte de uma construção, permitindo o acesso e a colaboração por parte de todos os profissionais envolvidos – engenheiros, arquitetos, construtores, fornecedores. Esse poderia ser o conceito de “mundo ideal” para a construção civil, mas é a definição da tecnologia BIM – Building Information Modeling. (ITFORUM, 2017)

Segundo o diretor da Cótica Engenharia, Maurício Cótica, apesar de ainda não tão popular no Brasil, o BIM tem se tornado cada vez mais conhecido por empresas ligadas ao universo da construção, especialmente por trazer benefícios como a redução significativa de custos. (ITFORUM, 2017)

Portanto este trabalho tem o objetivo geral de abordar as inovações tecnológicas voltadas à sustentabilidade ambiental no setor da construção civil com a aplicação da tecnologia BIM (*Building Information Modeling* ou Modelagem de Informação da Construção).

Para fins de desenvolvimento da pesquisa, em um primeiro momento, se fez necessário definir desenvolvimento sustentável na construção civil.

Para tanto, valeu-se da metodologia de pesquisa documental, por meio de levantamento de informações de manuais de certificações, órgãos certificadores e fomentadores, bem como, referências no setor, buscando-se estabelecer os parâmetros, exemplos e normatizações aplicáveis às construções civis ditas sustentáveis.

O levantamento dos dados constantes dos referenciais técnicos se fez necessário ao passo em que possibilitou o balizamento da análise final do trabalho.

Além da pesquisa documental em referenciais técnicos das certificações, foi realizado levantamento bibliográfico, adotando-se, nesse ponto, o método avaliativo, buscando na literatura pertinente ao tema elementos que fossem capazes de contextualizar e sustentar, de forma científica, a temática aqui abordada com foco no desenvolvimento sustentável, construção civil e a tecnologia BIM.

2 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

O termo sustentabilidade vem dominando os discursos nos mais variados setores da sociedade, sendo utilizado para dar força à necessidade de se preservar o meio ambiente (BARBIERI *et al.*, 2010).

Acredita-se que a sustentabilidade pode ser alcançada por meio de um desenvolvimento que busque o bem-estar e o equilíbrio sociocultural, econômico e ambiental, nas linhas que seguem, serão

tratados, brevemente, o histórico do desenvolvimento sustentável e o conceito de desenvolvimento sustentável.

2.1 Breve Histórico do desenvolvimento sustentável e suas dimensões

Do ponto de vista histórico, diversos marcos científicos contribuíram para a percepção de que o modelo de desenvolvimento da humanidade se revelava insustentável. (MEBRATU, 1998)

Em 1968, o chamado Clube de Roma realizou reuniões em que procuravam fazer projeções para o futuro, publicando o chamado “Os limites do crescimento”, onde contrapunha o crescimento exponencial da população diante da finitude dos recursos do planeta, concluindo que, se o problema não fosse sanado, poderia gerar uma crise sem precedentes na história humana. (GAUZIN-MULLER, 2002)

Em 1972, a Organização das Nações Unidas (ONU) realizou a Conferência sobre o Meio Ambiente Humano em Estocolmo, onde foram discutidas as responsabilidades dos países ricos, com o consumismo exagerado, e dos países pobres, com a explosão demográfica, em relação à situação ambiental. (GAUZIN-MULLER, 2002)

Como resultado da referida Conferência, foi editada a declaração que trata dos direitos dos presentes e futuras gerações em relação aos recursos naturais, bem como, da necessidade de evitar o esgotamento dos mesmos. (GAUZIN-MULLER, 2002)

Ainda na década de 1980, Ignac Sachs publicou o livro “Ecodesenvolvimento”, onde propunha o desenvolvimento baseado em três pilares, sendo eles a eficiência econômica, a justiça social e a prudência ecológica. (SZABÓ, 2005)

Em 1983, a ONU criou a Comissão Mundial sobre Ambiente e Desenvolvimento e, pela primeira vez, adotou-se formalmente o conceito de desenvolvimento sustentável. A referida comissão possuía como objetivo propor estratégias de longo prazo para que se alcançasse o desenvolvimento sustentável por volta dos anos 2000. (SZABÓ, 2005)

Em 1987, a Comissão Mundial sobre Ambiente e Desenvolvimento publicou o relatório denominado Nosso Futuro Comum, também conhecido como relatório de *Brundtland*, onde apontou os colapsos do ecossistema e a necessidade de se buscar soluções, impondo essa necessidade como tarefa de toda a humanidade. (GAUZIN-MULLER, 2002)

Em 1989, a ONU aprovou em assembleia extraordinária uma conferência sobre o meio ambiente e desenvolvimento, dando início a chamada Agenda 21 e em 1992, foi realizada, também pela ONU, a Cúpula da Terra realizada no Rio de Janeiro, ficando conhecida como Eco92 ou Rio92, onde estiveram reunidos 108 chefes de Estados a fim de discutir o futuro da humanidade em relação ao meio ambiente e elaborar um plano de ações para preservação dos recursos naturais do planeta. (GAUZIN-MULLER, 2002)

Na referida conferência, as nações desenvolvidas defenderam o direito a um ambiente saudável, enquanto as nações em desenvolvimento destacaram a necessidade de as mesmas se desenvolverem. (GAUZIN-MULLER, 2002)

Em 1997, diante da crescente preocupação com o efeito estufa, oriundo da emissão de gás carbônico na atmosfera e, visando evitar o aquecimento global, foi assinado o chamado Protocolo de

Kyoto, segundo o qual 35 países industrializados signatários do mesmo, reduziriam em 5% suas emissões de gases em relação ao nível de 1990 nos períodos de 2002 a 2012 (SZABÓ, 2005).

Dentre as estratégias no plano de ações está as estratégias de desenvolvimento sustentável que devem atuar em três dimensões, sendo elas: ambiental, social e econômica (ELKINGTON, 1994).

Liberalotto (2005), a dimensão ambiental se preocupa com a preservação dos ecossistemas e com a redução dos impactos gerados ao meio ambiente; a dimensão social envolve a responsabilidade social e a gestão das pessoas, e a dimensão econômica garante o retorno financeiro dos investimentos aos proprietários, à comunidade e aos demais envolvidos no processo de desenvolvimento sustentável.

Á dinâmica social tem como indicadores de sustentabilidade do IBGE (2015) que associam a dimensão econômica da sustentabilidade, consoante os aspectos relacionados ao uso de recursos naturais, à questão da geração de resíduos, ao uso de energia e ao desempenho econômico do país. Por meio dessa dimensão, é possível se avaliar a eficiência dos processos produtivos e o consumo de recursos.

Com relação à dinâmica econômica da sustentabilidade, Carvalho (2009) desenvolveu metodologia voltada à avaliação da sustentabilidade de habitações de interesse social¹, abordando aspectos econômicos, a qual foi nomeada de MASP-HIS, sendo a mesma capaz de quantificar de quantificar a sustentabilidade econômica por meio da avaliação sustentável do pilar econômico e do fortalecimento da economia, por meio da viabilidade econômica, o custo de construção/manutenção/operação e os critérios econômicos para as empresas de projetos, podendo ser sintetizada na figura 1:

Figura 1: Aspectos economicos da sustentabilidade



Fonte: (Carvalho, 2009).

¹ A Habitação de Interesse Social, em termos gerais, é aquela voltada à população de baixa renda que não possui acesso à moradia formal e nem condições para contratar os serviços de profissionais ligados à construção civil. Segundo o ONU-HABITAT, habitação acessível é aquela adequada em qualidade e localização, que não custa tanto a ponto de impedir seus moradores de arcar com outros custos básicos de vida ou ameaçar seu gozo de direitos humanos básicos. (ONU-HABITAT, 2022)

Ainda considerando a sustentabilidade econômica, esta decorre de diversos fatores, dentre os quais, destacam-se o fortalecimento da economia local, a viabilidade econômica e os custos de construção, operação e manutenção (CARVALHO, 2009).

O fortalecimento da economia local decorre do uso positivo de materiais locais, da existência de infraestrutura básica no local, da geração de emprego e renda. A viabilidade econômica, por sua vez, decorre do custo acessível, que se adequa à realidade local, gerando retorno do investimento, não havendo custos com implantação de infraestrutura, sendo concedidos subsídios fiscais para os que adotarem medidas sustentáveis e, os custos de construção, operação e manutenção decorrem da busca de soluções que por exemplo, promovam a economia de água e energia, reciclagem, políticas de critérios sustentáveis nas compras e verbas destinadas à melhoria do desempenho sustentável da empresa. (CARVALHO, 2009).

Carvalho (2009) diz que a forma como se constrói, se projeta e se opera uma edificação, influência, de forma direta, o uso dos recursos naturais e à saúde da população, daí porque é tão relevante o investimento em empreendimentos sustentáveis no âmbito da construção civil.

2.2 Desenvolvimento Sustentável na Construção Civil

O conceito de sustentabilidade na construção civil surgiu, publicamente, após o início das discussões acerca do desenvolvimento sustentável em fins da década de 1980 e início da década de 1990 (BRUNDTLAND, 1987).

Ainda no início dos anos 1990, países como Inglaterra, Estados Unidos e Canadá apresentaram as primeiras metodologias de avaliação de construções, dentre as quais se destacam a LEED², Green Globes³ e a Breeam⁴. (OLIVETI, 2010)

Na atualidade, o cenário da sustentabilidade mundial, segundo dados do – Conselho Empresarial Mundial para Desenvolvimento Sustentável o WBCSD (2015), alguns setores se destacam no que tange ao impacto ambiental provocado, como é o caso da construção civil, devendo-se observar que, no setor da construção civil, os conceitos de sustentabilidade vêm sendo utilizados já há algum tempo, o que contribuiu para a criação de órgãos certificadores, como o *United States Green Building Council* (USGBC).

O USGBC é, atualmente, o maior órgão de certificação internacional das chamadas construções verdes⁵, tendo desenvolvido o sistema LEED. O USGBC atualiza o ranking de projetos

² *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) ou Liderança em Energia e Design Ambiental foi criada pelo *United States Green Building Council* (USGBC) no ano de 1993, com o intuito de promover e fomentar práticas de construções sustentáveis (OLIVETI, 2010).

³ A *Green Globe* é uma certificação de sustentabilidade de edificações originário do Reino Unido e do Canadá que estabelece pontos classificatórios da sustentabilidade de projetos (OLIVETI, 2010).

⁴ A *Building Research Establishment Environmental Assessment Method* (Breeam) foi criada em 1992 no Reino Unido, responsável por utilizar medidas de avaliação e desempenho reconhecidas internacionalmente, aplicadas a partir de uma ampla gama de categorias e critérios de avaliação, sua metodologia foi desenvolvida com base em pesquisas científicas relacionadas à construção civil (OLIVETI, 2010).

⁵ Destinadas a alterar o mínimo possível o meio ambiente, por meio da utilização de novas técnicas e materiais para a obra que sejam parte da natureza que a cerca e não tomando parte dela.

com certificação do sistema LEED, apontando os dez países com mais projetos cadastrados no sistema. Em 2015, o Brasil ocupava a quarta posição no ranking, com quase mil projetos certificados e processos cadastrados no sistema. (USGBC, 2015)

A França também possui metodologias de avaliação de construções, o qual é representado pelo selo de certificação *Haute Qualité Environmental* (HQE) fornecido pela *Association Haute Qualité Environmental* (ASSOHQE) em parceria com empresas francesas, e com o *Centre Scientifique et Technique du Bâtiment* (CSTB) e, internacionalmente, com o *Cerway*. (OLIVETI, 2010)

A certificação francesa serviu de inspiração à criação do programa AQUA no Brasil, pela Fundação Vanzolini em parceria com o CSTB (OLIVETI, 2010), o qual será estudado mais detalhadamente em momento oportuno.

A Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (AsBEA, 2007) por sua vez, salienta que:

[...] elaborar um projeto de arquitetura com melhor desempenho ambiental é projetar levando-se em conta o uso eficiente da energia, da água, de materiais certificados e renováveis, o aproveitamento de condições naturais locais, qualidade ambiental interna e externa dos edifícios, utilização consciente dos equipamentos e do edifício pelo usuário. (AsBEA, 2007, s/nº)

A AsBEA (2007) ainda destaca que a sustentabilidade na construção civil possui quatro aspectos relevantes, sendo eles o desempenho do projeto ao longo de sua vida útil, a gestão de água, a gestão de energia e a gestão dos materiais na obra.

Quando se trata do setor da construção civil, é preciso observar que as edificações devem ser compostas por sistemas que possibilitem o alcance de um desenvolvimento mínimo e devem ser específicos e caracterizados em projetos que estejam em consonância com as regras da ABNT NBR 15575-1, proporcionando ao usuário conforto e um bom aproveitamento de sua edificação. (BUENO, 2010)

Segundo o WBCSD (2015) a construção civil é responsável por mais de 40% do consumo energético do mundo e, por isso, a sustentabilidade na área da construção civil implica, necessariamente, na adoção de medidas que adequem o consumo do setor.

A água, por sua vez, é um recurso primordial para a construção civil e, o setor da construção civil é um dos que mais consomem água, por isso, é essencial que se faça a gestão da água. (NOVIS, 2014)

As reduções do desperdício de água e do consumo de água reduzem o impacto ambiental das primeiras etapas de uma edificação, mas, além disso, podem ser adotadas inovações na edificação destinadas a otimizar o uso de água na mesma após pronta. (NOVIS, 2014)

Karpinsk (2009):

[...] a indústria da construção civil apresenta grandes volumes de materiais de construção e de atividades nos canteiros de obras, o que acaba gerando um elevado índice de resíduos produzidos nas áreas urbanas, depositados de maneira indistinta e desregrada em locais de fácil acesso, como em terrenos baldios. (KARPINSK, 2009, p. 15)

Esse impacto ambiental está relacionado ao valor ambiental do ambiente construído e pode ser mensurado e avaliado por meio da análise do ciclo de vida (ACV), a qual pode ser definida como a avaliação e a comparação dos impactos ambientais causados por diferentes sistemas que apresentem funções similares em todo ciclo de vida do mesmo. (CIB, 2002)

A ACV é realizada por meio do inventário do fluxo de matéria e energia para cada sistema de modo a comparar estes entre si, representados sob a forma de impactos ambientais, sendo normatizada pela série ISO 14000. (CIB, 2002)

As ferramentas utilizadas para a realização da ACV em edificações são: BEES (*Building for Environmental and Economic Sustainability*) e *Athena Institute*.

O BEES foi desenvolvido pelo NIST (*National Institute of Standards and Technology*) dos Estados Unidos, como parte do programa Environmentally Preferable Purchasing da Agência de Proteção Ambiental EPA, que visa priorizar as compras de produtos com melhor desempenho ambiental. (LIPPIATT, 2007)

O *Athena Institute*, situado no Canadá, é uma organização não governamental que busca auxiliar arquitetos e engenheiros na avaliação do impacto ambiental dos produtos e edifícios, novos e existentes, através do método de ACV. Ele desenvolveu as ferramentas computacionais *Athena Impact Estimator for buildings* e *Athena EcoCalculator for Assemblies*. O *Impact Estimator* simula uma ACV de um edifício com até 1200 variáveis e possui modelos de edificações compatíveis com cerca de 95% das tipologias norte americanas, incluindo edifícios industriais, institucionais, comerciais e residenciais. (LIPPIATT, 2007)

Os valores de sustentabilidade dos ambientes construídos, podem ser relacionados à indicadores ou parâmetros, destinados a uma melhor percepção e avaliação deles. Esses indicadores, por sua vez, podem ser estruturados em sistemas de classificação ou de certificação que permitam diferenciar ou reconhecer edificações que adotaram práticas e princípios de sustentabilidade. (GOULART, 2005)

Esses sistemas de certificações, por sua vez, são métodos eficientes para se aumentar o desempenho do ambiente construído e garantir a sustentabilidade do setor da construção civil. (SILVA, 2003)

2.2.1 As certificações ambientais na construção civil

Barros (2012) diz que os sistemas de avaliação e certificação ambiental de edifícios são capazes de promover a implementação de novas ações sustentáveis, destinadas à tornar os sistemas de edificação eficazes.

O autor aponta que, para facilitar a adoção dos selos de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, deve haver maior integração do projeto e da construção, as decisões precisam ser tomadas nos momentos preliminares do projeto, o processo de certificação deve ser iniciado ainda durante a concepção do projeto com o comprometimento dos envolvidos. (BARROS, 2012)

Barros (2012) ainda aponta que é preciso que se crie uma cultura na equipe de trabalho com temas relacionados a edifícios sustentáveis, certificação e processo de projeto integrado, além disso, a certificação deve estar integrada à adoção de materiais e tecnologias desde o nascimento do projeto.

Devem ser desenvolvidos procedimentos internos destinados a simplificar a apresentação e a gestão da documentação da certificação e, o processo de documentação deve ser iniciado o mais cedo possível, certificando-se que empreiteiros e fornecedores compreendam a documentação necessária à certificação. (BARROS, 2012)

A certificação possui como objetivo promover a conscientização daqueles envolvidos nas etapas da edificação, possibilitando que se estabeleçam normas e instruções destinadas à produção do empreendimento da melhor maneira possível, de forma a garantir o desenvolvimento da obra de conformidade com os conceitos estabelecidos nas certificações adotadas. (VALENTE, 2009)

Valente (2009) aponta que, embora a adoção das certificações torne o empreendimento mais dispendioso, pois demandam maiores investimentos, o chamado selo verde valoriza o imóvel e o retorno financeiro do empreendimento é satisfatório.

Assim, em longo prazo a certificação só traz vantagens, sendo que os primeiros pontos a serem notados pelos usuários são a economia de água e energia.

Atualmente, o Brasil vem buscando alternativas para avaliar suas construções e edificações, mas ainda não foi consolidada uma única metodologia, e forma que, cada empreendedor acabe optando por procurar pela certificação que melhor lhe servir.

O LEED é um certificado reconhecido internacionalmente e o sistema de maior aceitação no Brasil. Foi desenvolvido nos Estados Unidos na década de 1990 e, tem seu enfoque na sustentabilidade de edifícios e de empreendimentos imobiliários. No Brasil, o certificado foi implantado em 2008 e não possui fins lucrativos. (VALENTE, 2009)

O sistema LEED quantifica o nível de proteção do ambiente que um empreendimento é capaz de desempenhar e pode ser aplicado em qualquer construção e em qualquer ciclo de vida da construção. (COSTA, 2013)

Por meio da certificação LEED se confirma de que os critérios de desempenho em termos de energia, água, redução de emissão de gás carbônico, qualidade interior dos ambientes, uso de recursos naturais e impactos ambientais foram atendidos satisfatoriamente. (LEITE, 2011)

A região sudeste concentra o maior número de edificações certificadas com o selo LEED no Brasil, sendo que, apenas o Estado de São Paulo concentra 57,6% dessas edificações certificadas, seguido do Rio de Janeiro com 19,2% e de Minas Gerais com 5,9%. RAMALHO (2014)

Além disso, estima-se que as construções com certificação LEED reduzam em 30% o consumo de energia, em 50% o consumo de água, desperdiçando 80% a menos de materiais e, embora o aumento no custo total da obra certificada aumente de 1% a 7%, o valor do imóvel é valorizado em 20%, havendo um retorno sobre o investimento de 9,9% nas construções novas e de 19,2% nas reformas. (GBC BRASIL, 2013)

3 INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A partir da década de 1980, a sociedade passou a experimentar importantes e significativas mudanças as quais fizeram a área da construção civil passar a questionar o seu atraso tecnológico e seu modo de agir e pensar no processo de produção. (ARO; AMORIM, 2004)

Na mesma década, no Brasil foi aprovado o Código de Defesa do Consumidor e o Governo Federal passou a lançar políticas mais efetivas, destinadas à estabilidade econômica. (ARO; AMORIM, 2004)

Nesse contexto, a indústria da construção civil passou por um momento de transição, pois faltava um sistema contínuo e seguro de financiamento do setor e, ao mesmo tempo, as exigências dos clientes passaram a aumentar, as empresas de construção civil padeciam de certo descrédito perante alguns setores da sociedade, sendo frequente que se questionasse a baixa qualidade das edificações e, paralelamente, empresas estrangeiras entraram no país para atuar nesse setor. (ARO; AMORIM, 2004)

O setor da construção civil teve de passar a se atentar a três fatores essenciais: a melhoria na qualidade dos produtos, a modernização tecnológica e o desenvolvimento de inovações tecnológicas. (ARO; AMORIM, 2004)

Dentre os fatores que influenciaram o desenvolvimento das inovações tecnológicas, pode-se citar o ambiente, representado pela legislação, pelas exigências dos consumidores, pela cultura local, competitividade etc.; a tecnologia, representada pela dependência de outros setores; a organização, onde se encontram as empresas de diferentes portes e níveis organizacionais; e, o indivíduo, responsável pelo desenvolvimento e aplicação das inovações tecnológicas.

Aro e Amorim (2004) apontam que as inovações podem ser distribuídas em três níveis, ou seja, produtos acabados da construção, produtos fornecidos para a construção e organização interna do setor.

Além disso, o setor da construção civil pode ser subdividido em dois grandes setores, sendo eles o setor de suporte às atividades produtivas e o setor de projeto, produção e montagem de produtos finais do setor de construção civil. (TANIGUTI et al., 1998)

O setor de suporte às atividades produtivas, por sua vez, pode ser subdividido em dois outros subsetores, sendo eles o setor de materiais de construção e o setor de produção de máquinas, equipamentos, ferramentas e instrumentos e, o setor de produção, por sua vez, pode ser subdividido em montagem industrial, construção pesada e edificações. (TANIGUTI et al., 1998)

Para fins didáticos, o presente trabalho se aterá, apenas, às inovações tecnológicas voltadas ao setor de projetos de edificações e, especialmente, dos produtos acabados da construção civil.

3.1.1 Inovações tecnológicas e sustentabilidade

Com a emergência do conceito de sustentabilidade no desenvolvimento econômico, passou-se a estudar a relação entre inovação e sustentabilidade. (BOONS et al., 2013)

Entretanto, na literatura ainda falta uma padronização definitiva do que se entende por inovação sustentável, a qual ora é apontada como a eco inovação, ora como inovação ambiental, ora como

inovação verde, como tecnologia verde, como inovação orientada à sustentabilidade ou ao desenvolvimento sustentável. (BOONS et al., 2013; PINSKI et al., 2015; CECERE et al., 2014)

Por fins didáticos, optou-se por resumir a inovação sustentável como a inovação voltada à melhora no desempenho da sustentabilidade, o que inclui os critérios ecológicos e socioeconômicos, por meio da introdução de produtos ou processos produtivos, métodos de gestão ou negócios novos ou significativamente melhorados para a organização e que gerem benefícios socioeconômicos e ambientais. (BARBIERI et al., 2010; BOONS et al., 2013; PINSKI et al., 2015)

Portanto, a inovação sustentável, na área da construção civil, está voltada à criação, adoção ou melhoria de produtos e processos de produção e de sistemas organizacionais, destinados a promover a sustentabilidade das edificações.

A inovação sustentável difere da inovação tecnológica convencional, pois, por meio da inovação sustentável se procura conciliar as prioridades econômicas e ambientais, de forma a reduzir os impactos ambientais causados pelos produtos da construção civil, por isso, se reveste de caráter mais complexo e relevante, sendo capazes de gerar mudanças nas normas socioculturais e estruturais institucionais. (OECD, 2009)

3.1.2 Categorização das inovações tecnológicas

A inovação sustentável, assim como a inovação tecnológica, pode ser dividida em diversas categorias, sendo elas: incremental, radical, disruptiva, proativa, reativa, tecnológica (corretiva/preventiva, controle de poluição, produção mais limpa, ambiental, P&D ambiental), complementar (Add-on), integrada, institucional, social, organizacional, de produto e processo. (OECD, 2007)

A inovação incremental tem por objetivo melhorar os processos existentes para aumentar a eficiência dos recursos e uso de energia, sendo a inovação mais difundida no setor da construção civil, embora não seja o suficiente para romper com os impactos ambientais causados pelo setor. (OECD, 2009)

As inovações radicais, por sua vez, têm o potencial de influenciar o desenvolvimento sustentável de indústrias inteiras e, a disruptiva altera a forma como as coisas são produzidas ou as funções específicas dos produtos sem alterar, contudo, o regime tecnológico subjacente. (OECD, 2009).

As inovações sustentáveis proativas ou reativas relacionam-se ao ambiente ativo e ao passivo ambiental, respectivamente, ao passo em que a primeira visa o desenvolvimento de produtos ou práticas capazes de reduzir custos, a segunda visa o atendimento às demandas ambientais e regulamentos atinentes ao tema. (CHEN; CHANG; WU, 2012)

As inovações tecnológicas, por sua vez, podem apresentar-se de acordo com cinco variações, sendo elas a corretiva/preventiva, controle de poluição, produção mais limpa, ambiental e P&D ambiental.

São corretivas ou preventivas aquelas destinadas a reparar prejuízos ou a evitar prejuízos, as preventivas podem ser aditivas, ocorrendo após o processo de produção e de consumo, ou integradas, ocorrendo durante o processo de produção. (RENNINGS, 2000)

As inovações tecnológicas para controle de poluição caracterizam-se pela aplicação de medidas tecnológicas que atuam como partes não essenciais nos processos de fabricação existentes na fase final da produção, muitas vezes, sendo chamadas de tecnologia end-of-pipe. Em geral, a redução de danos por meio dessa tecnologia deriva da redução de produção ou remoção de contaminantes do ar, solo e água que já foram formados no processo de produção e, em se tratando de danos ambientais, essas tecnologias são indispensáveis. (OECD, 2009)

As tecnologias voltadas à produção mais limpa baseiam-se no princípio da prevenção, enfocando nos processos iniciais da produção para que não ocorram eventos danosos no futuro. Uma produção mais limpa, modifica todo o processo produtivo, possibilitando a redução ou eliminação dos danos ambientais. (OECD, 2009)

4 A TECNOLOGIA BIM E SUA RELAÇÃO COM A SUSTENTABILIDADE NO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Nas últimas décadas, o processo projetual da construção civil tem passado por contínuas transformações e a representação de projetos em desenhos bidimensionais tem sido substituída pelo desenho em meio eletrônico, através da utilização de softwares para CAD (Computer Aided Design). (ASBEA, 2013)

Entre as novas tecnologias, tem se destacado a plataforma BIM, a qual permite a conjugação de todos os aspectos envolvidos no processo do projeto, bem como, a verificação dos impactos ambientais. (ASBEA, 2013)

O BIM, em português, significa Modelo de Informação da Construção e não se trata de um software específico, mas sim de um conceito de virtualização, modelagem e gerenciamento das atividades relacionadas a um projeto e ou uma construção de obras de engenharia. O projeto, consoante este novo conceito, se torna muito mais real, pois o BIM possibilita a virtualização dos elementos, facilitando a observação de possíveis inconformismos ou erros de projeto, de sobreposição etc. a representação planejada deixa de ser o meio para o desenvolvimento do projeto e se torna um dos fins disponíveis de representação. (PENTTILÄ, 2006)

O BIM é, assim, uma metodologia destinada ao gerenciamento da base do projeto de construção, onde os dados do projeto são digitais durante todo o ciclo de vida da construção. (PENTTILÄ, 2006)

Através da plataforma BIM é possível se antecipar a realidade que trata da elaboração de um conjunto de representações (modelos) da informação da construção, facilitando a construção de uma base de dados acerca do projeto, a qual pode ser atualizada durante todo o ciclo de vida do mesmo, desde a sua concepção até a fase de uso-operação e manutenção da edificação. (RIBEIRO, 2013)

O projeto desenvolvido na plataforma BIM pressupõe uma nova forma de trabalho que altera a forma tradicional de desenvolvimento de projetos, substituindo o desenho do projeto a partir de softwares para CAD pela construção do modelo parametrizado da construção. (WILLIAMS, 2013)

A plataforma BIM demanda o compartilhamento de informações do projeto, por meio de um modelo digital que pode ser trabalhado de forma integrada por diversas disciplinas e, justamente por isso, possui um alto potencial de atendimento aos requisitos da sustentabilidade, viabilizando o desempenho ambiental ainda na fase inicial dos projetos de construção civil. (WILLIAMS, 2013)

Para possibilitar o trabalho interdisciplinar, existem softwares indicados a cada uma das etapas do ciclo de vida do empreendimento.

Bloomberg (et al., 2012) indica que para o estudo de viabilidade, podem ser utilizados os softwares *TrelligenceAfinity Programming*, *Onuma System*, *dRofusSamrt Planning*; para o projeto de arquitetura podem ser utilizados os softwares *Autodesk Revit Architecture*, *Bentley Architecture*, *GraphisoftArchiCAD*, *NemetschekVectorworks Architect*; para o projeto de instalação ou MEP, podem ser utilizados os softwares *Autodesk Revit MEP*, *Bentley Building Mechanical Systems*, *Graphisoft MEP Modeler*; para o projeto de estrutura, podem ser utilizados os softwares *Autodesk Revit Structure*, *Tekla Structures*, *Bentley Structural Modeler*; para a coordenação interdisciplinar podem ser utilizados os softwares *Navisworks Manage*, *Solibri Model Checker*; e, para a verificação final do projeto, pode ser utilizado o software *SolibriModel Checker*.

Tratando-se de produção de construções sustentáveis, as informações relativas ao processo de projeto das edificações se tornam ainda mais complexas, pois envolvem a adoção de metas relativas ao desempenho, por isso, o processo do projeto deve ser aprimorado de forma a viabilizar a interoperabilidade entre os atores que fazem parte dele na realização do projeto completo de edificação. (RIBEIRO, 2013)

As funcionalidades ofertadas pela plataforma BIM podem auxiliar a elaboração do projeto dotado de qualidade ambiental, impondo aos profissionais da área da construção civil, a necessidade de se estabelecer novos métodos de organização e gestão do processo e de realização do projeto e construção, que possibilitem a viabilização da incorporação dos princípios inerentes à sustentabilidade ao projeto em questão. (SALGADO et al., 2012)

A utilização do BIM vem crescendo no Brasil, contudo, ainda se trata de um processo que não foi inteiramente assimilado pelas empresas do setor da construção civil brasileira. (TOLEDO, 2017)

Toledo (2017) aponta como principal fator o desconhecimento, pois, muitos acreditam que o BIM se trata de um software e, este fato, gera a ausência de treinamento, de planejamento estratégico para a sua adoção, dentre outros fatores que dificultam a implantação a ferramenta no setor.

A implantação do BIM demanda altos investimentos, pois demanda a adoção de novos softwares, hardwares mais potentes, treinamento e consultoria, além da diminuição da produtividade momentaneamente em virtude da mudança. (TOLEDO, 2017)

A integração de novas tecnologias na rotina de trabalho de uma empresa, é uma decisão de negócios como qualquer outra decisão, podendo a empresa optar por realizá-la ou não, o que pode gerar benefícios tecnológicos e evolução, ou não. (JERNIGAN, 2008)

Embora o processo de implantação do BIM seja bastante definido, é essencial que o processo de execução do BIM seja único para cada empreendimento, assim como a sua implantação em cada empresa. (TOLEDO, 2017)

A complexidade do BIM também pode dificultar a sua implantação, pois a plataforma envolve, potencialmente, todos os profissionais em todas as fases do ciclo de vida da edificação, desde a viabilidade à demolição, passando pelo projeto, planejamento, construção, operação e manutenção. O BIM, por si só, é um processo complexo e de larga extensão e a implantação completa do BIM demanda nos de desenvolvimento e maturação em cada estágio. (TOLEDO, 2017)

Assim, a implantação do BIM demanda mudanças de processo que alguns acreditam serem difíceis de justificar, as quais podem encontrar obstáculos nos paradigmas das empresas e na necessidade de capacitação de gerenciamento de projetos da empresa.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do objetivo proposto conclui-se que este trabalho abordou as inovações tecnológicas voltadas à sustentabilidade ambiental no setor da construção civil, dentre elas focou na tecnologia BIM (*Building Information Modeling* ou Modelagem de Informação da Construção) ao buscar eliminar ou minimizar os impactos ambientais causados pelo setor.

Dentre as inovações tecnológicas disponíveis no mercado atual, o BIM pode promover, de forma eficaz, a sustentabilidade do setor da construção civil, ao permitir a conjugação de todos os aspectos envolvidos no processo do projeto, bem como, a verificação dos impactos ambientais, já que o setor da construção civil é um setor responsável pelo consumo de grande parte dos recursos naturais, bem como, pela geração de resíduos sólidos no meio ambiente.

O BIM aliado a sustentabilidade, pode oferecer soluções harmônicas, práticas e econômicas para o setor da construção civil, tais como readequação do uso de energia elétrica, energia solar, eólica, hidroelétrica, racionalização da iluminação, redução de consumo de água, captação de águas pluviais etc., esse panorama cria uma interação harmônica dos projetos de construção e dos sistemas produtivos sustentáveis.

REFERÊNCIAS

AIA, D. E. **Building Information Modeling Protocol Exhibit**: The American Institute of Architects: 9p. p. 2008 > Acesso em: (28/03/2022).

ANDERSEN, M. M. Eco-innovation indicators. **European Environment Agency**. Copenhagen, February 2006. > Acesso em: (18/03/2022).

ANDRADE, E. M. N. **Sustentabilidade em áreas urbanas: Análise do sistema viário do campus sede da UFMT**. Dissertação apresentada junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Ambiental da UFMT, com requisito para obtenção do título de Mestre. Cuiabá, 2011. > Acesso em: (25/05/2022).

ARAÚJO, A. F. **A aplicação da metodologia de produção mais limpa: estudo em uma empresa do setor de construção civil.** 2002. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002. > Acesso em: (27/04/2022).

ARO, CELSO R.; AMORIM, SIMAR V. As inovações tecnológicas no processo de produção dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários. **I Conferência latino-americana de construção sustentável x encontro nacional de tecnologia do ambiente construído.** São Paulo, julho, 2004. > Acesso em: (28/03/2022).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA (AsBEA). **Recomendação básicas para projetos de arquitetura.** São Paulo, 2007. > Acesso em: (23/03/2022).

_____. **Guia AsBEA Boas Práticas em BIM.** São Paulo: AsBEA, 2013. > Acesso em: (04/03/2022).

AURESIDE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL. **1º Workshop de automação residencial e sustentabilidade (AURESIDE).** Dezembro de 2007. RJ: Rio de Janeiro. > Acesso em: (04/03/2022).

AZEVEDO, O. J. M. D. **Metodologia BIM - Building Information Modeling na Direção Técnica de Obras.** 114p. (Mestrado). Engenharia Civil, Reabilitação, Sustentabilidade e Materiais de Construção, Universidade do Minho, 2009. > Acesso em: (28/03/2022).

BARBIERI, J. C.; VASCONCELOS, I. F. G.; ANDREASSI, T.; VASCONCELOS, F. C. Inovação e sustentabilidade: novos modelos e proposições. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 50, n. 2, p. 146-154, 2010. > Acesso em: (22/04/2022).

BARROS, A. D. M. **A adoção de sistemas de avaliação ambiental de edifícios (LEED® e Processos AQUA) no Brasil: Motivações, Benefícios e Dificuldades.** Dissertação (mestrado) Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Escola de Engenharia de São Carlos, USP. São Carlos-SP, 2012. > Acesso em: (09/03/2022).

BLOOMBERG, M et al. **BIM Guidelines.** Nova Iorque: Department of Design + Construction, 2012. > Acesso em: (28/04/2022).

BOONS, F.; MONTALVO, C. QUIST, J. WAGNER, M. Sustainable innovation, business models and economic performance: an overview. **Journal of Cleaner Production**, v. 45, p. 1-8, 2013. > Acesso em: (09/04/2022).

BUENO, C. **Avaliação de desempenho ambiental de edificações habitacionais: análise comparativa dos sistemas de certificação no contexto brasileiro.** Dissertação (Mestrado-Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo e Tecnologia). Escola de Engenharia de São Carlos da USP. São Carlos- SP, 2010. > Acesso em: (28/03/2022).

BRUNDTLAND REPORT. **Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future.** 1987. > Acesso em: (12/04/2022).

CARMONA, J. P. S. F. **Utilização da biotecnologia para a estabilização de solos: Precipitação de CaCO₃ por via enzimática.** Dissertação de mestrado. Universidade de Coimbra. 78 p. Coimbra, 2016. > Acesso em: (17/03/2022).

CARVALHO, M. T. M. **Metodologia para avaliação da sustentabilidade de habitações de interesse social com foco no projeto.** 241p. (Doutorado). Departamento de engenharia civil, Universidade de Brasília, Brasília, 2009. > Acesso em: (28/03/2022).

CECERE, G.; CORROCHER, N.; GOSSART, C.; OZMAN, M. Lock-in and path dependence: an evolutionary approach to eco-innovations. **Journal of Evolutionary Economics**, v. 24, n. 5, p. 1037-1065, 2014. > Acesso em: (23/03/2022).

CEFET-MG. **Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais.** Abril de 2017. > Acesso em: (02/03/2022).

CHEN, Y.; CHANG, C.; WU, F. Origins of green innovations: the differences between proactive and reactive green innovations. **Management Decision**, v. 50, n. 3, p. 368-398. 2012. > Acesso em: (28/03/2022).

CIB - INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION - United Nations Environment Programme International Environmental Technology Centre UNEP-IETC Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries: **A discussion document Boutek Report No Bou/E0204**, Pretória, CIB/UNEP-IETC. 2002 > Acesso em: (28/05/2022).

COSTA, E. D; MORAES, C. S. B de. **Construção civil e a certificação ambiental: análise comparativa das certificações LEED (Leadership in energy and environmental design) e AQUA (Alta Qualidade Ambiental)**. 2013. Engenharia Ambiental – Espírito Santo do Pinhal, São Paulo. 2013. > Acesso em: (07/03/2022).

COUTINHO, I.; FEITAL, M. R.; COSTA, S. Q. Inovação na Gestão da Qualidade: Utilização de VANT em Inspeções em Projetos Cívicos. In: VI Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade. **Anais...** 2017. > Acesso em: (16/03/2022).

CBCS (Conselho Brasileiro de Construção Sustentável); PNUMA (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente). **Aspectos da Construção Sustentável no Brasil e Promoção de Políticas Públicas**. Ministério do Meio Ambiente, Governo Federal, 2014. > Acesso em: (21/04/2022).

DIAS, R. **Gestão Ambiental, Responsabilidade Social e Sustentabilidade**. São Paulo: Atlas, 2010. > Acesso em: (15/03/2022).

EASTMAN, C. et al. **Manual de BIM: Um guia de modelagem a informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Porto Alegre: Bookman, 2014. > Acesso em: (08/05/2022).

ELKINGTON, J. Towards the sustainable corporation: Win-win-win business strategies for sustainable development. **California Management Review** v. 36, no. 2, p. 90-100, 1994. > Acesso em: (28/03/2022).

FEITAL, M. R. **Uso de VANT (Veículo Aéreo não Tripulado) para inspeção de Projetos de Construção Civil**. Pós-graduação em Gerenciamento de Projetos, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Juiz de Fora, 2017. > Acesso em: (10/03/2022).

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. > Acesso em: (25/05/2022).

FURTADO, J. S. **Atitude ambiental sustentável na Construção Civil: ecobuilding & produção limpa**. Disponível em: <http://www.vanzolini.org.br/areas/desenvolvimento/producaolimpa> > Acesso em: (02/02/2022).

FREIRE, M.R.; AMORIM, A.L. A abordagem BIM como contribuição para a eficiência energética no ambiente construído. **TIC- 2011**. Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção. Salvador, 2011. > Acesso em: (19/03/2022).

GAUZIN-MULLER, D. **Arquitetura Ecológica**. Barcelona: Gustavo Gilli, 2002. > Acesso em: (28/03/2022).

GOLZARPOOR, H.; GONZALEZ, V. A green-Lean simulation model for assessing environmental and production waste in construction. In: **Proceeding of 21h Annual Conference of IGLC**, Fortaleza, Brazil. Anais... Fortaleza, Brazil: IGLC, 2013, 2013. p.885–894 > Acesso em: (27/04/2022).

GOULART, S. V. G. **Levantamento da experiência internacional: experiência nos Estados Unidos**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2005. 65p. > Acesso em: (28/03/2022).

HOUAISS, Antônio. **Dicionário da Língua Portuguesa**. 2012. Disponível em: <http://houaiss.uol.com.br/busca?palavra=sustentabilidade> > Acesso em: (25/03/2022).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produto Interno Bruto – PIB**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/pib.php> > Acesso em: (18/05/2022).

ITFORUM – Aplicação do método BIM. Disponível em: <https://itforum.com.br/noticias/tecnologia-bim-economiza-tempo-e-dinheiro-na-construcao-civil/> > Acesso em: (28/05/2022).

_____. **Indicadores de desenvolvimento sustentável**. GEOGRAFIA, C. D. R. N. E. E. A. E. C. D. Rio de Janeiro: 352 p. 2015. > Acesso em: (02/03/2022).

JERNIGAN, F. **BIG-BIM 4.0: Ecosystems for a connected world**. [S.l.]: ISBN 0985535954, 2017 > Acesso em: (28/03/2022).

JOHN, M. V. **Desenvolvimento sustentável, construção civil, reciclagem e trabalho multidisciplinar**. Seminário Desenvolvimento Sustentável e Reciclagem na Construção Civil, 3, 2004. São Paulo. Anais... São Paulo: Ed. Ibracon, 2004. p. 43-56. > Acesso em: (10/05/2022).

KARLGAARD, R. **3D printing will revive American manufacturing**, Forbes, 2011. > Acesso em: (16/03/2022).

KARPINSK, L. A. et al. **Gestão diferenciada de resíduos da construção civil: uma abordagem ambiental**. Disponível em: <http://www.pucrs.br/orgaos/edipucrs/> > Acesso em: (05/04/2022).

KASSEM, M.; AMORIM, S. R. L. D. **BIM - Building Information Modeling no Brasil e na União Européia**. Brasília. 2015. > Acesso em: (08/03/2022).

LANDAU, R. Technology, capital formation and U. S. competitiveness. International productivity and competitiveness. New York: **Oxford University Press**, p.299-328, 1992. > Acesso em: (18/03/2022).

LEE, A.; WU, S.; MARSHALL-PONTING, A.; AOUAD, G.; COOPER, R.; TAH, J. H. M.; ABBOTT, C.; BARRETT, P. S. **nD Modelling Road map: A Vision for nD-Enabled Construction**. Salford: University of Salford, 2005. > Acesso em: (12/05/2022).

LIBRELOTTO, L. **Modelo para avaliação da sustentabilidade na construção civil nas dimensões econômica, social e ambiental (esa): aplicação no setor de edificações**. 371 fl. (Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005. > Acesso em: (11/04/2022).

LIPPIATT, B. C. **Building for Environmental and Economic Sustainability Technical Manual and User Guide National Institute of Standards and Technology**, 2007. > Acesso em: (28/03/2022).

LORA, E. **Prevenção e controle da poluição no setor energético industrial de transporte**. Brasília, DF: ANEEL, 2000 > Acesso em: (07/04/2022).

MACEDO, Ricardo Kohn de. **Ambiente e Sustentabilidade – Metodologias para Gestão**, LTC, 2015. > Acesso em: (03/03/2022).

MATTANA, L.; LIBRELOTTO, L. I. Contribuição do BIM para a sustentabilidade econômica de edificações. **Mix Sustentável**, v. 3, n. 2, p. 134-146, 2017.

MATTAR, D. G.; NOVAES, C. C. **Automação residencial e sustentabilidade**. São Carlos: NUTAU, 2006. > Acesso em: (15/05/2022).

MEBRATU, D. Sustainability And Sustainable Development: Historical And Conceptual Review. **Environmental Impact Assessment Review**. v. 18, p. 493-520, 1998. > Acesso em: (18/03/2022).

MOBUSS CONSTRUÇÕES. **Quais são as principais certificações ambientais que as construtoras precisam conhecer**. 16 de jan. 2017. Disponível em: <https://www.mobussconstrucao.com.br/blog/principais-certificacoes-ambientais-que-as-construtoras-precisam-conhecer/> > Acesso em: (05/03/2022).

NBIMS. **National BIM Standard** - United States. Washington, 2016. Disponível em: <https://www.nationalbimstandard.org/faqs#faq1> >. Acesso em: (10/03/2022).

NOGUEIRA, C. F. B. **Diretrizes de projeto para a redução de perdas na produção em massa de painéis de vedação pré-fabricados em sistema de construção a seco**. Dissertação (Mestrado em Edificações e Saneamento) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Tecnologia e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/TfkXFsz8WDBS6QykkkNHtpC/?lang=pt>>. Acesso em: (27/02/2022).

NOVIS, Luiz E. M. **Estudos dos indicadores ambientais na construção civil: estudo de caso em 4 construtoras**. 2014. 95 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014. > Acesso em: (12/03/2022).

OECD. Organisation for Economic Co-operation and Development. **Sustainable manufacturing and eco-innovation: framework, practices and measuring** – synthesis report. 2009. > Acesso em: (20/03/2022).

OLIN, J et al. Virtuality: What does it means for FM?. In: **CIB W070, W092 & TG72 International Conference on Facilities Management**, Procurement Systems And Public Private Partnership, 1, 2012. > Acesso em: (04/03/2022).