



A utilização de novas tecnologias para otimizar a construção civil

BARROS, Richard¹; COSTA, Luiz Henrique².

richardbarros.rb@gmail.com¹; lhcosta@poli.ufrj.br².

Núcleo de Pesquisa em Planejamento e Gestão, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Informações do Artigo

Palavras-chave:

Inovação

Tecnologia

Planejamento

Resumo:

O artigo tem como objetivo apresentar as vantagens que novas tecnologias oferecem para aprimorar a maneira como a construção civil executa e planeja seus empreendimentos, tendo em vista que se trata de um mercado que preza pelo conservadorismo de técnicas tradicionais. Apresentando métodos inovadores que podem representar um maior investimento inicial, porém pode gerar uma grande economia em termos finais quando aplicados no cenário construtivo e financeiro. Como por exemplo, tempo de execução, facilidade para alterações futuras e praticidade de manutenção. Dentre as técnicas existentes no mercado este artigo foca em três pilares, planejamento, orçamento e praticidade, como base no estudo. Apresentando novas maneiras de encarar o canteiro de obras de uma forma mais eficiente.

1. Introdução

O mercado da construção civil vem evoluindo, e novas técnicas construtivas vão surgindo a cada dia. Porém, a construção civil trata-se de uma área que preza pelo tradicionalismo, e leva tempo para que uma nova metodologia ganhe espaço no mercado. Para a entrada de métodos inovadores o processo de aceitação é lento e gradativo, após testes, funcionalidade, praticidade e por fim a validação para a execução das obras.

O cenário tecnológico avança de maneira acachapante e frequentemente somos surpreendidos com novos materiais, softwares e técnicas que quando colocados em prática apresentam um desempenho mais eficiente ao comparado com técnicas já existentes no mercado. Com isto, a construção civil vem se mostrando cada vez mais flexível a introdução de novas tecnologias nos canteiros

de obra, visando acelerar o tempo de planejamento, execução e render maiores lucros no finalizar da obra.

A utilização eficiente de recursos é algo que a construção civil vem desenvolvendo cada vez mais nos dias de hoje, usando a filosofia do *lean construction*, o sistema de gestão que tem por finalidade adotar uma postura mais enxuta, com uma forma mais inteligente de gerir, sem desperdício de mão de obra e materiais.

Com base nesta filosofia, a utilização da impressão 3D surge como um dos principais pontos de virada para o futuro da construção, com velocidade, precisão e melhor aproveitamento de material a inserção desta tecnologia vem surpreendendo pela eficiência e com estudos avançados para introdução em massa no mercado de construções a partir da utilização de impressoras 3D na aplicação de

concreto para levantamento de alvenarias complexas, diminuindo muito o tempo de execução do empreendimento.

Um ponto que vem chamando mais atenção são os impactos ambientais que as edificações causam conforme as grandes construções avançam, cada vez mais seu impacto é sentido afetando até mesmo o clima de uma região, gerando ilhas de calor com o aumento de edificações nas cidades e as indústrias que produzem o material necessário para essas grandes edificações são uma das principais poluidoras mundiais.

Seguindo o princípio de redução de emissão de poluentes e buscando uma maneira mais sustentável de construção, o cânhamo industrial vem sendo utilizado em países da Europa e América do Norte como um método natural para alvenarias. Com propriedades de isolante termoacústico, sua capacidade de resistência ao fogo e captura de gases do efeito estufa o Hempcrete (Concreto a base de Cânhamo) segue numa direção que vem sendo uma pauta cada vez mais frequente e importante de ser tratada, a poluição e emissão de CO₂ que as construções tradicionais emitem e que geram um grande impacto no ecossistema mundial. Com funcionalidade comprovada, e sendo cada vez mais desenvolvida, o hempcrete é uma mistura de fibra de cânhamo industrial, com cal tratada e água. Após seu tempo de cura é revestido com cal permeável ao vapor a base de gesso, tornando mais fácil o controle de temperatura e absorção do CO₂ pela própria edificação.

Em busca de agregar tecnologia em construções já existentes, aumentando a vida útil das edificações e tratando as patologias que reduzem as capacidades mecânicas das estruturas, surge o bioconcreto, que de acordo com suas propriedades é capaz de selar suas próprias fissuras oferecendo maior durabilidade para o concreto. Desenvolvido na universidade de Delph na Holanda, o bioconcreto aparece com grande potencial para redução de custos de manutenção e reparos superficiais nas estruturas de

concreto, que gera um impacto grande no custo de uma edificação.

Seguindo as capacidades das técnicas e materiais apresentados, o artigo visa três fases da obra. Planejamento e execução, com a utilização da impressora 3D para um projeto bem elaborado tornando os riscos e falhas no processo executivo algo raro e com etapas bem definidas, fornecendo mais ritmo no desenvolver da construção. Sustentabilidade, com a inserção do cânhamo industrial minimizando os impactos gerados pela produção do cimento Portland e emissão de gases de efeito estufa. Manutenção, utilizando o bioconcreto para a prevenção e reparo de potenciais trincas na estrutura da edificação, aumentando a vida útil das construções.

2. Emissão de CO₂ na Construção

A construção civil está entre os seguimentos que mais emitem gases de efeito estufa (GEE), tal fato a torna uma das protagonistas no processo de aquecimento global. Porém, com seu alto índice de emissão de poluentes uma mudança de comportamento em seu processo industrial e construtivo representaria um ponto chave de mudança e de impactos ocasionados pelo mesmo fato, minimizando os danos causados no planeta.

Durante o processo construtivo de uma edificação devemos mapear cada etapa e processo executivo pontuando os riscos e impactos gerados durante a execução do empreendimento e através dos anos de uso daquela edificação. Devemos nos atentar em não apenas construir uma casa eficiente, mas também as técnicas construtivas pelo qual ela passou até chegar a este ponto. Sendo fundamental um bom gerenciamento de etapas para a otimização e assertividade da técnica escolhida.

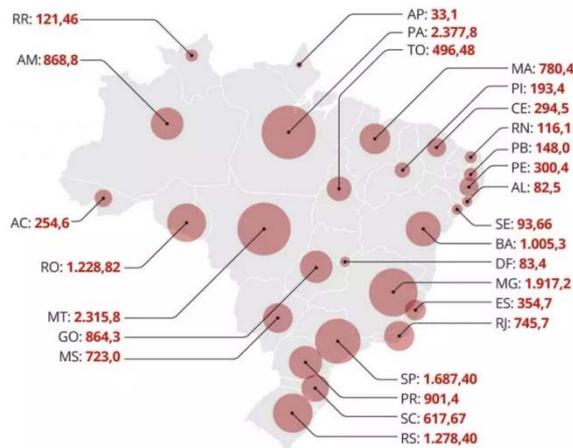
A imagem a seguir ilustra a emissão de GEE em estados brasileiros.

Figura 1 – Emissão de GEE no Brasil

Emissão de gases do efeito estufa por estado do Brasil

Pará e Mato Grosso são os que têm a taxa mais alta do país

Valores em milhões de toneladas



Fonte: Observatório do Clima

Fonte: UGREEN [1]

Os materiais utilizados também devem ser escolhidos com atenção, atentando sempre ao tipo de material escolhido, sua matéria prima, a forma como é produzido industrialmente e o tipo de reciclagem que é submetido ao fim de sua vida útil. Tendo em vista que aterros sanitários, local onde se destina a maior parte de descarte de materiais, são um dos principais poluidores do planeta com emissão de gás metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂). Logo quanto menos processos industriais o produto passar, menos impactos ambientais ele causará ao planeta. [1]

Diante da alta demanda de produção cimentícia no cenário construtivo, o processo de queima de materiais para gerar o clínquer, que é um dos compostos do cimento, demanda altas temperaturas emitindo massivas quantidades de CO₂ na atmosfera. O mesmo processo acontece na produção de aço, ferro devido a queima de combustíveis fósseis. Se tratando de combustíveis fósseis, outra preocupação ambiental na grande utilização de derivados do petróleo como fonte de energia para abastecimento de veículos de transporte e maquinários comuns nos canteiros de obra.[2]

De acordo com estudo levantado no estado do Paraná em 2007, em média uma casa construída pela Companhia da Habitação do Paraná (COHAPAR) que construiu nos anos referentes a pesquisa diversas unidades habitacionais com tamanho médio de 40m² de edificação e dois quartos por unidade, utilizando métodos construtivos tradicionais como cimento, cal, tijolo, telha, aço/ferro, areia, brita e madeira. Tendo em vista da quantidade média de emissão de CO₂ de cada item necessário para a construção das unidades, chegasse a uma quantidade média de 8,959t dióxido de carbono emitido na construção de uma casa da COHAPAR. [3]

Devido a utilização em massa de matéria-prima derivada de recursos não renováveis, a construção civil sofre com o aumento constante de preços devido à escassez de recursos, deixando assim as obras cada vez mais onerosas e reduzindo o lucro sobre o empreendimento. Também devido ao fato de tratados internacionais e legislações mais impactantes sobre geração de poluentes atmosféricos estão agindo de forma mais agressiva. O Protocolo de Kyoto estabeleceu metas para países em desenvolvimento com objetivo de reduzir a emissões de GEE por meio de troca de dados para benefício global do clima. Foi desenvolvido o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), que funciona como uma auditoria de controle de emissão de GEE e avaliação nos projetos implantados para solução do problema. Por este motivo, diversas empresas do ramo vêm se movimentando para buscar alternativas construtivas que tragam um benefício tanto ambiental, quanto econômico para o cenário construtivo. [4]

3. Geração de Resíduos

Com processos produtivos muito ineficientes e por vezes considerados ultrapassados, a construção civil se apresenta como um contraponto para a sociedade, pois é um mercado que movimenta de forma impactante o PIB do país sendo um grande gerador de renda, e ao mesmo tempo se mostra arcaico em questões de gerenciamento

energético, de recursos e de resíduos. Fato é, é comum em empreendimentos o desperdício de material devido a excesso de recursos onde se compra uma quantidade maior do que a necessária, gerando impactos tanto ambientais, quanto econômicos na execução do serviço. Este tipo de desperdício, comum na gerência de projetos, ocorre desde a aquisição do material até a entrega da obra. [5]

Tratando de impactos ambientais, a indústria da construção civil é uma das principais causadoras no cenário mundial, desde a extração da matéria-prima necessária para fabricação de insumos, transitando pela execução do serviço e por fim na destinação de resíduos gerados pela edificação. Além do fato de ser uma grande consumidora de recursos naturais. Existem diferentes tipos de impactos naturais que podem ocorrer devido a utilização desenfreada de recurso, como a degradação ambiental. Que nada mais é que áreas que não possuem mais a capacidade de se reestabelecer, tendo extinguido seus recursos e não é capaz de repor os nutrientes retirados do seu local de origem. Como por exemplo, lençóis freáticos, fauna e flora locais e até o próprio solo. Afetando as características físicas, biológicas e químicas do local atingido, fato comum na construção civil. [5]

Os impactos gerados não ficam apenas no período de execução da obra, com uma utilização massiva de recursos naturais como areia e brita, as capitais já estão cada vez com mais dificuldade de encontrar esses materiais próximos aos empreendimentos, fazendo com que tenham que buscar em distâncias superiores a 100km do local da obra, gerando impacto em outras regiões e poluição atmosférica através do tráfego constante de caminhões. Durante as fases finais da obra um novo problema surge, que são as grandes quantidades de resíduos sólidos gerados no processo construtivo e de demolição. Com um volume alto e grande diversidade de materiais, como cimento, concreto, madeira, solos, ferros e material orgânico provindos dos trabalhadores fornecedores de mão de

obra nas construções, a separação e descarte destes resíduos se torna um problema. Sem uma fiscalização adequada, muitos lixões e aterros sanitários funcionam de maneira clandestina e aumentam o nível de poluição na região, afetando as águas fluviais próximas, acarretando problemas de saúde na população local e maior investimento para tratamento de água. [5]

Dentre todas as indústrias no cenário mundial, a construção civil sozinha é responsável direta por um consumo de cerca de 35% de recursos naturais do planeta. Como é uma das grandes consumidoras do mundo, gera-se também uma quantidade exorbitante de resíduos, que tem um valor estimado de 68,5 milhões de resíduos por ano apenas no Brasil. [6]

Tendo em vista do potencial de reciclagem que estes resíduos possuem, deve-se haver uma maior fiscalização e incentivos fiscais para que as empresas se comprometam com uma melhor destinação de seus materiais. Com implementação de pontos de coletas municipais para separação e reutilização, evitando impactos negativos gerados pela má destinação destes resíduos. Já que é sabido os demais impactos da construção civil, como rebaixamento de lençóis freáticos, impermeabilização do solo e utilização de recursos não renováveis, deve-se investir em pontos que ainda há possibilidade de ser revertido e minimizado. [6]

4. Mão de Obra

A construção civil é um dos principais mercados empregadores no Brasil, tendo segundo dados recentes, aproximadamente 6% da população brasileira trabalha neste cenário, por muitas vezes de maneira informal. Com base em dados disponibilizados pelo portal do ministério da previdência social, o setor da construção tem um dos maiores índices de acidentes de trabalho do ramo da produção, se tornando um dos seguimentos mais perigosos para se trabalhar. Além do fato de ser um dos locais com maior concentração de trabalhadores sem

vínculo empregatício com empresas, sem carteira assinada. Tal fato priva os trabalhadores informais do respaldo da Previdência Social, como suporte financeiro em caso de acidentes ou doenças e aposentadoria remunerada, também sofrem com a ausência de sindicalização devido a informalidade da profissão, ficando à mercê dos empregadores para garantirem um ambiente de trabalho seguro. Outro ponto importante de ser sinalizado é a tendência empregatícia de funcionários com baixo nível de escolaridade, levando a alta rotatividade de funcionários na empresa, e baixa perspectiva de crescimento na profissão.[7]

Segundo dados da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), a construção civil oferece mais que o dobro de média do risco de sofrer um acidente fatal, comparada aos demais setores de modo geral. O principal problema apontado pela Confederação Nacional dos Trabalhadores na Indústria da Construção e do Mobiliário (CONTRICOM), é a falta de treinamento e a baixa aderência na utilização de Equipamentos de Proteção Individual (EPI). Devido aos citados problemas, ocorrem no setor pelo menos 60mil mortes anuais, sendo equivalente a 16% de todas as mortes de acidentes de trabalho no mundo, de acordo com a Organização Internacional do Trabalho (OIT). [8]

Um grande problema enfrentado nos canteiros de obra é a falta de mão de obra qualificada disponível no mercado, fazendo com que a produtividade e a qualidade das edificações fiquem abaixo do esperado. Além de possibilitar um potencial risco de má utilização dos recursos disponíveis, gastando mais material para realização do serviço e consequentemente gerando retrabalho para ajuste conforme projetado, o que é oneroso e aumenta o prazo de execução do empreendimento. A indústria da construção civil nunca deu a devida importância de treinamento de seus funcionários por ser um setor sazonal, onde há grande rotatividade de funcionários. [9]

5. O conceito do *Lean Construction*

Com o objetivo de suprir as necessidades apresentadas pelo setor da construção civil, como os constantes atrasos no prazo, falta de segurança no ambiente de trabalho e desperdício de materiais, é desenvolvido o conceito da construção enxuta (*lean construction*). Seguindo os preceitos do *lean production*, sendo a indústria de manufatura o ponto de referência para um melhor gerenciamento de recursos e aplicabilidade, em comparação a construção civil. Apresentando uma nova filosofia de produção, e com resultados significativos a ideia vem sendo amplamente difundida no cenário da construção. O tempo sempre foi o inimigo número um na execução de obras civis, e com a implantação deste sistema de trabalho, se minimiza o desperdício do tempo, aumentando a produtividade no canteiro. [10]

Basicamente o estilo de produção do *lean construction* é atender as necessidades da construção, porém usando a menor quantidade de recursos possível. Por muito tempo o setor de construção recusou adotar ideias do setor de fabricação por acreditar que a construção é diferente, porém o processo de projetar, executar e entregar utilizando uma quantidade preestabelecida de recursos e tendo precisão neste quantitativo encaixou perfeitamente para o ramo construtivo. [11]

6. Impressão 3D

Seguindo o conceito do *lean construction*, com um tempo de execução e aproveitamento de recursos muito mais eficientes, a impressão 3D vem ganhando espaço no setor da construção civil. Desenvolvido inicialmente por Charles Hull no fim da década de 1980, utilizando o método da estereolitografia, a impressão em três dimensões surge com a capacidade de materializar objetos em camadas a partir de modelos digitais gerados por computador e vem sendo desenvolvida até hoje para aplicação em diversos setores da sociedade, desde medicina, passando por mecânica,

indústria e até chegar no ramo da construção civil. Tal fato se deve a sua capacidade de materializar com precisão objetos sob medida, sem a necessidade de ajustes posteriores e adaptações, tudo isso utilizando uma quantidade mínima e pré-definida de recursos necessários, não gerando desperdício. Sua funcionalidade se deve aos vários tipos de matéria-prima disponíveis para sua execução, que variam entre plástico, metais, concreto, entre outros. [12]

O mercado da engenharia civil começou a ser afetado pela impressão 3D a partir de 2004, pelo professor e pesquisador Behrokh Khoshnevis, da Universidade do Sul da Califórnia. Ele desenvolveu o método conhecido por *Contour Crafting* (Criação por Contornos) e foi o responsável por imprimir a primeira parede 3D. Técnica que utiliza uma impressora 3D muito maior que as convencionais, que se movimenta sobre trilhos, é controlada por um braço robótico, que responde a configurações do computador. Com essa técnica, é possível reduzir drasticamente a quantidade de funcionários necessários para a edificação de uma residência, utilizando mão de obra humana apenas para fins de acabamento e telhado. [13]

Atualmente o principal método difundido de impressão 3D utilizado, a *Contour Crafting*, já apresentada, desenvolvida pelo professor Khoshnevis. Através deste método a Apis Cor, uma start-up de São Francisco imprimiu uma casa em apenas 24h em Moscou, Rússia. O material utilizado é uma mistura própria da empresa que consiste basicamente em cimento, areia, fibras e geopolímeros. A mistura é preparada e depois alimenta a impressora através de um sistema de bombeamento. Se tratando de Europa, outra empresa que se destaca no cenário 3D, é a start-up COBOD, foi a primeira empresa a imprimir uma construção em solo europeu chamada de BOD (Build On Demand). A COBOD formou parceria junto a Force Technology para produção de um concreto a base de materiais reciclados, tornando a construção mais rápida, barata e sustentável.

Tratando de valores, em Long Island a primeira casa construída a partir de tecnologia 3D foi colocada a venda por um valor de U\$299.999,99, casa de três quartos, dois banheiros e duas vagas de garagem, sendo que o preço médio de uma residência com mesmo tamanho na mesma região é avaliado em aproximadamente U\$ 479.000,00. Um valor entorno de 38% de economia na aquisição, o que pode tornar as casas impressas cada vez mais populares. A casa de 130m² foi desenvolvida pela empresa H2M e construída pela empresa SQ4D. A construção possui um pé direito de 2,5m, porém seu formato curvo transmite a sensação de mais altura na casa. [14]

A impressão 3D de concreto vem ganhando cada vez mais espaço ao redor do mundo, a Start-up Icon, situada no Texas, Estados Unidos, através de sua impressora Vulcan II imprimiu casa de pequeno porte, aproximadamente 32m², dentro do prazo de 24h e com um valor aproximado de U\$10.000,00 e utilizando uma quantidade de recursos muito menor do que uma construção tradicional, segundo a empresa o proprietário pode enviar o design desejado e a impressora é capaz de imprimi-lo. Com o propósito de levar uma moradia digna para pessoas de baixa renda, a Icon se juntou com as empresas Échale e New Story e em 2019 construíram no México as duas primeiras casas em 3D para a comunidade local seguindo as necessidades passadas pelos futuros moradores, as casas possuem 45m² e dispõem de dois quartos, sala, cozinha e banheiro. As casas atendem parâmetros acima dos padrões de segurança por se tratar de uma área com incidência sísmicas, tornando a residência muito mais duradoura, com vida útil para várias gerações. [15]

No Brasil a pioneira no ramo da construção de casas utilizando impressoras 3D foi a start-up 3DHomeConstruction, que finalizou a primeira casa 3D em solo nacional no estado do Rio Grande do Norte, em 2020. A empresa, iniciou seu projeto em 2017 como um projeto de Graduação ainda na Universidade Potiguar. Os até então alunos,

construíram sua própria impressora, se baseando em dispositivos já existentes no mercado. Os 3 Engenheiros fizeram uma casa de 62m² e o preço médio do m² saiu por R\$50,00, segundo os desenvolvedores podendo cair ainda mais o valor com a evolução da tecnologia.[16]

Figura 2 – Casas impressas no México



Fonte: Dwell [15]

Figura 3 - Primeira casa impressa no Brasil



Fonte - Inovahouse3d [16]

Apesar dos desafios de inovar, a empresa acredita que a tecnologia tem muito potencial para crescimento, e pode chegar ao mesmo patamar de países como China e Estados Unidos que vem utilizando técnicas de construção 3D cada vez de forma mais orgânica e prática na construção civil. Um grande benefício também para a implementação massiva da tecnologia é sua capacidade de inovação arquitetônica, podendo ser capaz de reproduzir geometrias pouco convencionais.

7. Cânhamo Industrial

Conforme foi apresentado, a construção civil é responsável por um grande despejo de CO₂ na atmosfera terrestre. Uma solução para controle e captura dos GEE emitidos direta, ou indiretamente pelo setor é a utilização do cânhamo industrial. Por se tratar de um material natural e sustentável o cânhamo industrial vem sendo explorado por diversos setores econômicos, e a construção é um deles. O cultivo do cânhamo é considerado fácil por diversos fatores, não necessita de irrigação artificial, seu cultivo é anual, a média para amadurecimento é de 3 a 4 meses, o que resta da colheita vira nutriente para o solo, auxiliando na rotação de culturas no plantio. Além do fato de não necessitar de agrotóxicos ou pesticidas, pois é uma planta naturalmente imune a fungos e pragas. Estima-se que seu cultivo captura em 1 ano cerca de 1,5t de CO₂ da atmosfera por hectare plantado.[17]

O hempcrete é basicamente uma mistura entre, água, cal e cânhamo industrial. A fibra do cânhamo tem um teor altíssimo de sílica, ajudando na ligação com a cal, quando adicionado água ocorre o processo de petrificação da mistura após o tempo de cura. [18] É um concreto, natural, barato e leve, sendo possível sua utilização em diversos cenários dentro da obra, como concreto não estrutural, matéria-prima para blocos, entre outros, mas seu principal uso é como isolante termoacústico, utilizando apenas a fibra do cânhamo como revestimento. Com suas propriedades antifúngicas, permite que a parede respire o que possibilita um melhor controle de umidade, absorção de CO₂ emitido, resistente ao fogo e não tóxico, o que é um dos principais problemas das alternativas de isolamento tradicionais do mercado, como lã de vidro e lã de rocha. [19]

A empresa francesa Art du Chanvre edificou aproximadamente 45 casas com o *hempcrete*, sua utilização como concreto é feita com utilização de formas, já que não é considerado concreto estrutural, e revestida com cal permeável ao vapor a base de gesso. Na Carolina do Norte, foi construída uma casa de 315m² apenas utilizando o *hempcrete*.

Estima-se que são absorvidos 50kg líquidos de CO₂ por m² de concreto a base de cânhamo, além de receber uma qualificação de resistência R30 e ser altamente resistente ao fogo, regulando a temperatura da residência tanto em dias frios, como em dias mais quentes. Para edificar uma casa utilizando o *hemcrete*, é necessário um tipo de equipamento específico para assentamento do material no interior das formas, e seu tempo de cura é de aproximadamente 6 semanas. Porém, ao optar por utilizar blocos de concreto a base de cânhamo, o serviço se torna mais simples, por se tratar de um material muito leve, utilizando 2 pedreiros é possível construir uma casa em aproximadamente 2 semanas. [20]

Figura 4 - Construção Hempcrete



Fonte: Archdaily [21]

A utilização do cânhamo não é novidade na engenharia civil, há relatos de construções datadas do século VI, onde hoje é a França com vestígios de cânhamo em argamassas na construção de pilares e pontes para aumentar a resistência da mistura. [21] Atualmente muitos países possuem leis que proíbem o cultivo do cânhamo por sua relação direta com a cannabis, porém com os bons resultados e benefícios apresentados já transita projetos de leis no Brasil para liberação de uso industrial e medicinal do Cânhamo (PL 5295/2019).

Na Índia, empresas como a GoHemp, estuda formas mais eficientes de introdução do cânhamo, pesquisando o potencial construtivo e econômico que seu cultivo pode trazer para o país, trabalhando junto ao governo local para cultivo da planta e

elaboração de protótipos. Com o auxílio da economia agrária indiana, pode-se tornar mais aceito a implementação do cânhamo nas construções locais, beneficiando o planeta e a economia. [19]

Numa eventual demolição da edificação feita com *hemcrete*, o impacto ambiental também seria muito menor ao compararmos com construções de concreto tradicional. Devido a sua composição natural e orgânica, o concreto a base de cânhamo é biodegradável, não agredindo o planeta. [18]

Há diversos métodos de aplicação do cânhamo no local de obra, os blocos de cânhamo são assentados a partir da fixação em estruturas de madeiras em furos pré-realizados nos blocos. O método de compactação é o preenchimento de estruturas de madeira com *hemcrete* utilizando ferramentas específicas para a compactação no interior da estrutura de maneira dosada para que não haja comprometimento de sua capacidade térmica, porém sem permitir espaços vazios. O método de pulverização é muito similar ao de concreto projetado, lançando com a utilização de equipamento apropriado o *hemcrete* nas estruturas de madeiras pré-instaladas, é considerado um método rápido podendo chegar a 6m³ de material lançado por hora, podendo ser utilizado em paredes e pisos, sempre permitindo a passagem de vapor para respiração da edificação. [18]

8. Bioconcreto

Desenvolvido pelo microbiologista holandês Henk Jonkers em 2009, o bioconcreto surge com o objetivo principal de aumentar a vida útil das construções. Com o avançar das pesquisas para combater patologias que geram gastos em função de manutenções constantes e reduzem a capacidade mecânica de estruturas, como trincas, fissuras, infiltrações e rachaduras. O bioconcreto é desenvolvido após diversas tentativas de encontrar a bactéria ideal para sobreviver no meio alcalino do concreto. A bactéria *Bacillus Pseudofirmus* apresentou

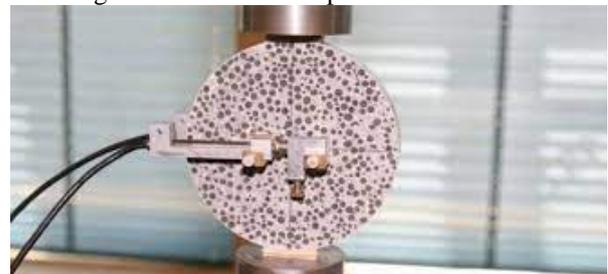
não somente resistência ao ambiente do concreto, como também apresentou características de formar esporos, semelhantes a sementes de plantas que mantém a bactéria em estado dormente até sua ativação, podendo resistir a tensões mecânicas e químicas, sobrevivendo em estado seco por mais de cinquenta anos. [22]

O bioconcreto é feito a partir de uma mistura de cimento tradicional, a bactéria e lactato de cálcio. O lactato de cálcio foi introduzido na mistura com o propósito de aumentar o tempo de vida da bactéria, que quando exposta ao concreto, era reduzido para aproximadamente dois meses. O lactato além de auxiliar a resistência da bactéria apresentou um acréscimo de 10% na resistência a compressão do concreto. O lactato é inserido na mistura através de microcápsulas de argila. A proteção foi testada em estudos que apontaram que após seis meses inseridos na mistura, a bactéria não perdeu suas propriedades, fato que sugere que seria capaz de manter as características de seu estado seco. Estudos realizados a fim de verificar sua resistência a tração, compressão e sua capacidade de selar fissuras causadas pelo estresse nas construções, não chamaram tanta atenção em suas resistências mecânicas, sendo muito próximas do resultado de um concreto comum. Porém sua habilidade de selar fissuras chamaram atenção, e já se mostraram um elemento importante para testes como tratamento de patologias já existentes, sendo usado como revestimento de paredes de concreto comum. [23]

O Bioconcreto chega para sanar gastos exorbitantes de manutenção de edificações, por não demandar uma intervenção agressiva, o bioconcreto atua como parte integrante da construção como se fosse um organismo vivo que cura seus próprios ferimentos. Usando o ser-humano como exemplo, que possui agentes que identificam a doença e ativam seus anticorpos do sistema imunológico para se defender contra bactérias, vírus ou corpos estranhos. O bioconcreto atua da mesma maneira, quando uma patologia surge na edificação, gerando algum tipo dano a

estrutura ou fachada a bactéria é ativada através da umidade que infiltram nos vãos da construção, a bactéria quando ativa consome o lactato de cálcio presente na mistura e produz o carbonato de cálcio que preenche os espaços de fissuras, impedindo que entre mais umidade e selando a edificação, da mesma maneira que os anticorpos em nosso corpo. No processo de cura do concreto a bactéria vai se multiplicando, impregnando a mistura, ao finalizar a pavimentação do concreto, a bactéria volta ao seu estado de esporo. [24]

Figura 5 - Teste de compressão Bioconcreto



Fonte: Jonkers [23]

Segundo o inventor da mistura, após diversos estudos para viabilidade, o bioconcreto já vindo sendo utilizado em canais de irrigação no Equador, que sofre de altas incidências de terremotos. Além disso, também vem sendo utilizado em abertura de poços de petróleo no Estados Unidos, onde auxiliam no tratamento de danos ao revestimento que são causados durante a perfuração. [23]

No Brasil, o concreto está presente em 90% das edificações. O bioconcreto, atua como um potencial prolongador da vida útil das edificações. Aumentando a segurança de moradores que residem em locais onde o assentamento do solo não está consolidado, o bioconcreto pode solucionar os problemas estruturais superficiais, aumentando a resistência da construção, prevenindo potenciais desastres. Apesar de ter um valor mais elevado que o concreto tradicional, o metro cúbico do bioconcreto varia entorno de U\$30,00 mais caro que o concreto comum. Seus benefícios econômicos a longo prazo, com a grande diminuição de gastos de manutenção são muito significativos. [25]

9. Considerações Finais

Através dos problemas apresentados no artigo, podemos verificar que a construção civil ainda está muito defasada em termos de inovação e tecnologia comparada aos demais setores da sociedade. Com uma alta taxa de poluição, devido a geração de resíduos e emissão de poluentes na atmosfera, é perceptível há necessidade de uma mudança de postura e comprometimento com o ambiente.

A utilização de técnicas e materiais apresentados no trabalho, propõem um passo inicial para a mudança necessária no setor construtivo, com uma adequação inteligente, podemos avaliar a margem de crescimento e evolução que podemos atingir se valorizarmos conceitos básicos para evolução da sociedade como um todo. Mostrando que podemos aumentar nossa demanda produtiva com simples ajustes na metodologia e uma mudança de pensamento, sabendo usar os recursos que a natureza nos fornece e retribuir ganhos para o planeta.

As inovações surgem para que o meio evolua, possuem um grande potencial para uma aplicação em larga escala e se tornar parte presente no dia a dia de um canteiro de obra, e de acordo com os dados encontrados de diminuição de desperdício, gerenciamento mais eficiente de recursos e maior controle de agentes poluidores. A construção civil pode dar um grande passo, saindo da figura de vilão do planeta para um setor que repensou sua maneira de atuar para benefício de todos.

10. Referências

- [1] UGREEN. *Como reduzir a pegada do carbono na construção civil*. Disponível em: <https://www.ugreen.com.br/como-reduzir-a-pegada-de-carbono-na-construcao-civil/>. Acesso em: 14 mar. 2021.
- [2] FLIZIKOWSKI, L. C. *Estimativa de emissões de dióxido de carbono na construção civil e neutralização com espécies florestais: Um estudo de caso*. Dissertação de mestrado em Engenharia Florestal. UFPR. p. 7-9, 2012.
- [3] STACHERA JR, T.; CASAGRANDE JR, E. F. Avaliação de emissões de CO₂ na construção civil: Um estudo de caso da habitação interesse social no Paraná. IX Engema – Encontro nacional sobre gestão empresarial e meio ambiente, 2007.
- [4] LOBO, F. H. R. *Inventário de emissão equivalente de dióxido de carbono e energia embutida na composição de serviços em obras públicas: Estudo de caso do Paraná*. Dissertação de Mestrado. UFPR. Curitiba. p.17-21, 2010.
- [5] ROTH, C. G.; GARCIAS, C. M. *Construção Civil e a Degradação Ambiental*. Desenvolvimento em questão, Unijuí, n. 7, p. 113 – 125, 2009
- [6] FREITAS, I. M. *Os resíduos de construção civil no município de Araraquara/SP*. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente. Centro Universitário de Araraquara - UNIARA p. 3 – 21, 2009
- [7] TAKAHASHI, M. A. B. et al. *Precarização do trabalho e risco de acidentes na construção civil: um estudo com base na Análise Coletiva do Trabalho (ACT)*. 2010
- [8] BUILDIN. *Segurança do trabalho na construção, um guia completo*. Disponível em: <https://www.buildin.com.br/seguranca-do-trabalho-na-construcao-civil/>. Acesso em: 19 mar. 2021
- [9] LEÃO, M. V. M. *Análise da qualificação da mão de obra no setor da construção civil na cidade de Dourados (MS)*. Trabalho de conclusão de curso de Graduação em Engenharia Civil, p. 25 – 32, 2016
- [10] KOSKELA, L. *Application of the new production philosophy to construction*. Stanford University. CIFE Technical Report, n.72, p. 13 – 27, 1992

- [11] HOWELL, G. A. *What is lean construction. Seventh Conference of International group for lean construction.* IGLC – 7, University of California, 1999
- [12] PORTO, T. M. S. *Estudo dos avanços da tecnologia de impressão 3D e da sua aplicação na construção civil.* Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2016
- [13] PAIM, F. G.; ALMEIDA, M. R. S. *Estudo prospectivo sobre a utilização da impressora 3D na área da construção civil.* Cad. Prospec., Salvador, v.11, Edição Especial, p. 463 – 474. 2018
- [14] NEW YORK POST. *First 3-D-printed house for sale listed at \$300K on Long Island.* Disponível em: <https://nypost.com/2021/02/08/first-3d-printed-house-for-sale-listed-in-long-island-new-york/>. Acesso em: 04 abril 2021.
- [15] DWELL. ICON. *Unveils the world's first village of affordable 3D-printed homes in Mexico.* Disponível em: <https://www.dwell.com/article/3d-printed-village-icon-new-story-tabasco-mexico-b76d0150>. Acesso em: 04 abril 2021.
- [16] INOVAHOUSE3D. *Brasil constrói sua primeira casa modelo impressa em 3D!* Disponível em: <https://www.inovahouse3d.com.br/post/brasil-constr%C3%B3i-sua-primeira-casa-modelo-impressa-em-3d>. Acesso em: 04 abril 2021.
- [17] CANNABIS MAGAZINE. *Como o cânhamo industrial pode transformar a construção civil.* Disponível em: <http://cannabismagazine.com.br/2020/04/05/como-canhamo-industrial-pode-transformar-industria-de-construcao/>. Acesso em: 05 abril 2021.
- [18] SANTOS, M. O. *O Cânhamo como material de construção: Viabilidade e Oportunidade.* Trabalho apresentado à Universidade Fernando Pessoa como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestrado em Engenharia Civil. p. 31 – 36. 2013.
- [19] SECHAT. *Concreto de cânhamo: material natural e sustentável.* Disponível em: <https://sechat.com.br/concreto-de-canhamo-material-natural-e-sustentavel/>. Acesso em: 05 abril 2021.
- [20] THEGREENHUB. *Hempcrete: concreto feito à base de cânhamo na construção civil.* Disponível em: <https://www.thegreenhub.com.br/hempcrete-concreto-feito-a-base-de-canhamo/>. Acesso em: 05 abril 2021.
- [21] ARCHDAILY. *Concreto de cannabis: das pontes romanas a um possível material do futuro.* Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/944292/concreto-de-cannabis-das-pontes-romanas-a-um-possivel-material-do-futuro>. Acesso em: 05 abril 2021.
- [22] TAKAGI, E. M. *Concretos autocicatrizantes com cimentos brasileiros de escória de alto-forno ativados por catalisador cristalino.* Dissertação de mestrado. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. 130p. São José dos Campos, 2013.
- [23] JONKERS, H. M. *Bacteria-based self-healing concrete.* 2011
- [24] SILVA, F. B. *Industrial application of biological self-healing concrete: Challenges and economical feasibility.* 2015
- [25] BBC, BR. *Conheça o bioconcreto material que fecha as próprias rachaduras.* Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-37204389>. Acesso em 10 abril 2021.