

## Propriedade industrial dos resíduos de concreto na construção civil: uma abordagem de responsabilidade socioambiental

Sávio S. Salim, Roziani M. Gomes

### RESUMO

A indústria de concreto da construção civil enfrenta desafios ambientais significativos, como altas emissões de CO<sub>2</sub> devido à produção de cimento, esgotamento de recursos naturais e a geração de resíduos de construção, impactando a sustentabilidade. Medidas inovadoras vem sendo criadas para solucionar alguns dos problemas técnicos do mercado. Para resguardar os inventores, a propriedade intelectual que abrangem direitos relacionados à proteção de criações industriais, mostra uma tendência da indústria na aplicação e criação de inovações para o cenário atual e futuro. O objetivo foi analisar a evolução das propriedades industriais que detêm tecnologias relacionadas ao reuso de concreto na construção civil, bem como as perspectivas futuras no contexto da sustentabilidade. Para isso, foi realizado um levantamento de patentes sobre reciclagem de concreto nos bancos do Instituto Nacional da Propriedade Industrial - INPI e *World Intellectual Property Organization* (WIPO) no período de 1997 a 2024. Foram identificadas patentes de reuso de concreto em quatro países: Brasil, China, Rússia e Índia. Entre os problemas técnicos enfrentados, destacam-se a escassez de agregados e o alto volume de detritos de concreto. No Brasil, as patentes abordam tecnologias como a reciclagem de agregados de concreto, o uso de resíduos plásticos e poliméricos em concreto, e a recuperação de lama de concreto. Na Índia, há inovações voltadas ao aproveitamento de resíduos de construção e eletrônicos. Essas tecnologias visam melhorar a sustentabilidade e reduzir os impactos ambientais. A análise das propriedades industriais evidencia avanços significativos, destacando a viabilidade de soluções sustentáveis no mercado nacional e global.

**Palavras-chave:** reciclagem de concreto; sustentabilidade ambiental; propriedades industriais; inovação tecnológica.

## 1. INTRODUÇÃO

A construção civil tem desempenhado um papel significativo na economia brasileira, representando aproximadamente 10% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional (ABRECON, 2020). De acordo com a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), há uma projeção de crescimento positivo para o setor em 2024, estimada entre 3% e 3,5% (MONTEIRO, 2024).

Embora seja um setor importante para o desenvolvimento econômico e social (AROUCHA JUNIOR *et al.*, 2024), o aumento das atividades na construção civil resulta em intensa exploração de recursos naturais e na geração substancial de resíduos sólidos de

construção (RCC) e demolição (RCD) (ABRECON, 2020; MORAES e XAVIER, 2021). No ano de 2020, o setor foi responsável por 36% do uso global de energia, 10% dos quais foram utilizados na fabricação de materiais e produtos de construção, como aço, cimento e vidro. Sendo também responsável por 37% das emissões globais de CO<sub>2</sub> relacionadas à energia (AHMED, 2023).

A produção global de RCD é estimada em 10 bilhões de toneladas/ano, sendo 68% desse total referente ao concreto (MANZI, BALDAZZI, e SACCANI, 2023). Segundo a Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON, 2020), a geração de resíduos de construção per capita nos municípios brasileiros varia de 168 a 760 kg/hab.ano, com uma média de 500 kg/hab.ano, o que acarreta impactos negativos para a economia, a sociedade e o meio ambiente.

A maior parte dos resíduos gerados está classificada como resíduos de classe A, incluindo cascalho, telhas, tijolos, fibrocimento, pedra, concreto, areia e cerâmica (QUAGLIO e ARANA, 2020). De acordo com a Resolução CONAMA 307/2002, esses materiais são passíveis de reciclagem ou reutilização na construção civil.

Do ponto de vista ambiental, o principal problema associado aos resíduos sólidos é sua disposição inadequada em rodovias, terrenos baldios ou margens de rios e córregos, o que pode contribuir para a poluição do solo e de lençóis freáticos, além de provocar assoreamento, dificultar o tráfego de pessoas e veículos, e formação de ilhas de lixo que prejudicam a fauna e a flora (MORAES e XAVIER, 2021; LIMA e GOMES, 2022; TOMAZIA *et al.*, 2024).

Diante desse cenário, alternativas para a reciclagem e reutilização de materiais como concreto, tijolos, cerâmicas e outros produtos derivados de argila, agregados grossos, partículas de borracha, pó de vidro, plásticos e outros, vêm sendo estudadas (KAMIRI *et al.*, 2023; AROUCHA JUNIOR *et al.*, 2024; AGRAWAL *et al.*, 2024), uma vez, que, de acordo com a Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos de Construção Civil e Demolição (2018), esses materiais entre outros podem ser utilizados conforme a sua especificação como: fabricação de artefatos de concreto, obras de pavimentação, drenagem e terraplenagem, fabricação de concretos não estruturais, argamassas de assentamento de alvenaria de vedação, entre outros.

Usinas de reciclagem têm sido fundamentais nesse processo, permitindo a fabricação de materiais reciclados com baixo custo e menor impacto ambiental (ABRECON, 2020; AROUCHA JUNIOR *et al.*, 2024). No Brasil, a Pesquisa Setorial 2019/2020 da ABRECON estimou a existência de 360 usinas de reciclagem de RCD, capazes de processar cerca de 48% dos resíduos gerados. A produção dessas usinas oscila entre 16 e 21 milhões de toneladas de agregados reciclados por ano, parte desse conhecimento gerado é formulado em propriedade intelectual, também conhecida como propriedade industrial no segmento das patentes.

As patentes são títulos temporário de um conhecimento concedido ao inventor, estes oferecem soluções práticas e aplicáveis para problemas técnicos encontrados em diversas áreas, além de servirem como indicadores de tendências tecnológicas e estratégias de mercado (SOBOLIEVA *et al.*, 2021). Elas constituem repositórios de informações detalhadas sobre inovações tecnológicas. O estudo do estado da técnica é fundamental para identificar áreas com potencial para melhorias ou novas invenções, contribuindo para a proteção dos direitos inventivos dos desenvolvedores (HALL, 2007). Ainda, as patentes facilitam a transferência de tecnologia entre instituições de pesquisa, indústrias e países, promovendo o compartilhamento de conhecimento e impulsionando o desenvolvimento global (PASIMENI, FIORINI e GEORGAKAKI, 2021).

Nesse contexto, o objetivo deste artigo foi analisar a evolução das propriedades industriais que detêm tecnologias relacionadas ao reuso de concreto na construção civil, bem como as perspectivas futuras no contexto da sustentabilidade.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Analisar a evolução das propriedades industriais que detêm tecnologias relacionadas ao reuso de concreto na construção civil, bem como as perspectivas futuras no contexto da sustentabilidade.

## **2.2 Objetivos específicos**

- Realizar o levantamento de anterioridade de propriedades industriais relacionadas à reciclagem de concreto na construção civil.
- Correlacionar os pedidos de patente com a produção científica acadêmica dos últimos cinco anos (2019–2024).
- Analisar a aplicabilidade dessas propriedades industriais no mercado nacional e internacional, considerando o enfoque na sustentabilidade ambiental.

## **3. REVISÃO DA LITERATURA**

### **3.1 Composição de concretos utilizado na construção civil com vistas para a sustentabilidade ambiental**

A fabricação de concretos convencionais na construção civil é realizada mediante a utilização de cimento, água, areia, agregados graúdos e miúdos (brita e areia), e outros aditivos como agentes plastificantes ou retardadores de pega (RIBEIRO, SILVA e SCHONS, 2023). Para evitar entupimentos do maquinário, a lavagem regular é requerida o que aumenta o consumo hídrico nas unidades de fabricação (BR 11 2021 021805, 2020).

Formas alternativas para utilizar esses resíduos tem sido estudada para otimizar os recursos minerais e diminuir os impactos ambientais, com ênfase nas emissões de CO<sub>2</sub>, consumo de recursos naturais para a fabricação de cimento. Por exemplo, a lama de concreto formada por esses agregados e nata decantados podem ser utilizadas para recuperar a lama, separando os agregados para reutilizá-los em uma nova fabricação de concreto (BR 11 2021 021805, 2020), contribuindo assim para reduzir os impactos ambientais, diminuir a extração de recursos naturais e promover a economia circular.

A evolução dos concretos sustentáveis, destacam-se os concretos permeáveis, que possuem uma estrutura porosa capaz de melhorar a drenagem de água, contribuindo para o controle de enchentes e a recarga de aquíferos em áreas urbanas, além da aplicação do uso de

nanotecnologia e aditivos avançados, como superplastificantes, que melhoram a trabalhabilidade e reduzem a necessidade de água, aumentando a durabilidade e o desempenho estrutural (SATHYAN & ANAND, 2019; BREILLY *et al.*, 2021). A busca por soluções estratégica que minimizem esses impactos para reduzir as emissões, diminuir a extração de recursos naturais e promover a economia circular.

Pesquisa com outros materiais como polietileno tereftalato (PET), polipropileno (PP) e polietileno de alta densidade (PEAD) (BACHTIAR *et al.*, 2020, MHANTA e MEENA, 2022; KARIMI *et al.*, 2023), óleo vegetal (STARON, 2023), vem sendo testado em baixo porcentual na tentativa de substituir parcialmente o concreto e argamassa tradicional (AMRAN *et al.*, 2020; AHMED, 2023) ou encontrar outro uso para este tipo de resíduo (Tabela 1).

Tabela 1. Tipos de concreto utilizando produtos recicláveis para reformulação de concreto para construção civil

Concreto	Descrição
Convencional	a partir de cimento, areia, água, agregados graúdos e miúdos (brita e cascalho) e outros aditivos (agentes plastificantes ou retardadores de pega)
Polipropileno	a partir da reciclagem de embalagens de polipropileno e agregado miúdo e graúdo utilizando aquecimento, contendo traços de uma parte de PP, para uma a seis partes de agregado miúdo e graúdo (areia e brita ou cascalho)
Polietileno tereftalato	a partir da reciclagem de embalagens de polietileno tereftalato e agregado miúdo e graúdo utilizando aquecimento, contendo traços de uma parte de PET, para uma a seis partes de agregado miúdo e graúdo (areia e brita ou cascalho)
Polietileno de alta densidade	a partir da reciclagem de embalagens de polietileno de alta densidade e agregado miúdo e graúdo utilizando aquecimento, contendo traços de uma parte de PEAD, para uma a seis partes de agregado miúdo e graúdo (areia e brita ou cascalho)
Polietileno tereftalato + óleo vegetal	a partir da reciclagem de embalagens de PET mais óleo vegetal usado, utilizando a 87% de PET, 10% de pó de serra e 3% de óleo vegetal usado

**Fonte:** Autores (2024)

Segundo Zulkernain *et al.* (2021) muitas pesquisas já foram conduzidas para observar o comportamento mecânico e físico de materiais de construção com resíduos plásticos como substituição de agregados finos e grossos. Os polímeros são reduzidos a grânulos e submetido

a um processo mecânico (movimentos rotatórios e vibracionais) e térmico (250 a 255°C) fornecendo um agregado leve e resistente não arenoso que pode ser utilizado na preparação de concreto não estrutural (BACHTIAR *et al.*, 2020), adicionados ou não com cimento Portland areia e água em sua composição. Em algumas invenções as embalagens PET, PP e PEAD não sofrem modificações químicas e atuam agentes aglomerantes dos agregados graúdos e miúdos em substituição ao cimento e a água.

A incorporação de materiais reciclados na produção de concreto apresenta vantagens ambientais, em que reduz emissões de CO<sub>2</sub> em até 30% (MIRALDO *et al.*, 2021). Apesar das vantagens, os concretos sustentáveis enfrentam barreiras técnicas e econômicas. Um dos principais desafios é a garantia do desempenho mecânico, como a resistência à compressão e a sua aceitação em mercados. Segundo a nova versão da NBR 15116 (ABNT, 2021), não é qualquer agregado reciclado que poderá ser utilizado para produzir concreto estrutural. Logo, somente os RCC de classe A é recomendado, pois trata-se do agregado graúdo de resíduo de concreto, cujas especificações são que estes devem ser compostos, na sua fração graúda de, no mínimo 90% em massa de fragmentos à base de cimento Portland e rochas, ou seja, além de ser da classe A, o resíduo deve pertencer à subclasse de Agregado Reciclado de Concreto (ARCO).

Na atualidade, as perspectivas futuras apontam para a viabilidade de misturas com percentuais adequados de resíduos reciclados, sem comprometer o desempenho estrutural, consolidando-se como uma tecnologia promissora com aplicabilidade na construção civil. Parte dessas inovações tecnológicas está sendo registrada por meio de patentes, tanto no Brasil quanto no exterior, evidenciando o avanço e a relevância desse campo para o setor.

### **3.2. Cenário econômico: vantagens econômicas e ambientais da reciclagem de resíduos**

O consumo anual de cimento e materiais para produção de concreto atingiu aproximadamente 30 bilhões de toneladas de consumo global anual, o que corresponde a 8 toneladas/ano de cimento consumido por pessoa, movimentando a cadeira industrial de cimento e concreto internacional (MANZI; ALDAZZI e SACCANI, 2023). Estes agregados naturais, podem ser substituídos em até 25% a 50% de agregado reciclado, com coeficiente de

carbonatação abaixo de 4mm/ano, indicativo de boa qualidade (BOSQUE *et al.*, 2020; GAYARRE *et al.*, 2020).

A reutilização do concreto e outros materiais de construção e demolição contribui para a redução do impacto ambiental da construção, minimizando a quantidade de resíduos gerados, menor consumo de energia e água, menores emissões de carbono, diminuindo a necessidade de novos recursos naturais, como areia e pedras para a fabricação de concreto (RIBEIRO, 2022; MANZI, BALDAZZI, e SACCANI, 2023). Farina *et al.* (2020) observaram que as misturas de concreto preparadas com resíduos de construção e demolição mostraram um benefício ambiental significativo em função da reutilização dos resíduos, além disso, 85% do produto desenvolvido pode ser reciclado após a sua vida útil.

O uso de concreto reciclado pode reduzir significativamente o custo da construção, uma vez que, os agregados reciclados chegam a custar em média 10% a 30% menos que os produzidos a partir da britagem em pedreiras (TEM, 2022), podendo ser empregados na fabricação de argamassa, blocos e tijolos não estruturais, contribui para a diminuição dos custos de produção (MOHANTA e MEENA, 2022; KARIMI *et al.*, 2023), sem comprometer a integridade estrutural, o que beneficia projetos de construção de baixo custo.

A reutilização de concreto oferece uma solução para o gerenciamento de resíduos de construção, contribuindo para uma economia circular, onde materiais podem ser reutilizados em novos projetos, em vez de serem descartados (SUPERTI *et al.*, 2021; JUAN-VALDES *et al.*, 2020). Isso ajuda a promover práticas de construção mais responsáveis e eficientes, alinhadas com os princípios da construção sustentável.

Os benefícios econômicos e ecológicos decorrentes da reciclagem e do reaproveitamento do concreto e outros materiais da construção civil evidenciam o valor social dessa iniciativa. Essa prática não apenas beneficia os empresários, mas também impacta positivamente a sociedade, pois gera empregos em empresas que trabalham com coleta e reciclagem de resíduos de construção civil como o concreto, como também demonstrando que é viável produzir e utilizar recursos de maneira mais consciente e eficiente (RIBEIRO, 2022).

### **3.3 Propriedade industrial: conceitos e aplicações**

As patentes correspondem a invenções ou melhorias tecnológicas, sejam de produtos ou processos de uso prático, concedidas aos inventores ou a seus titulares. O uso de concreto reciclado é um processo tecnológico inovador que garante aos inventores de processos e formulações a proteção e ou remuneração dos seus achados. Essa exclusividade protege o investimento inicial feito em pesquisa e desenvolvimento e permite o retorno financeiro por meio de licenças ou da venda direta de produtos e serviços relacionados. De acordo com a legislação vigente, existem duas modalidades principais de patentes: a patente de invenção (PI) e a patente de modelo de utilidade (MU). A patente de invenção (PI) refere-se a produtos ou processos inovadores que atendam aos requisitos de atividade inventiva, novidade e aplicação industrial, possuindo validade de 20 anos a partir da data do depósito. Já a patente de modelo de utilidade (MU) aplica-se a objetos de uso prático que apresentem uma nova forma ou disposição funcional, envolvendo ato inventivo e resultando em melhoria funcional em seu uso ou fabricação.

A Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996, conhecida como Lei de Propriedade Industrial no Brasil, regula os direitos e obrigações relacionados à propriedade industrial, abrangendo marcas, patentes, desenhos industriais e a repressão à concorrência desleal (BRASIL, 1996). Essa legislação visa incentivar a inovação e proteger a propriedade intelectual de indivíduos e empresas no País.

Na construção civil, frente aos desafios das mudanças climáticas e à busca por soluções sustentáveis, os estudos acadêmicos frequentemente negligenciam os bancos de dados de patentes. Estes bancos são fundamentais para verificar o estado da técnica de um produto ou processo por meio de pesquisas em bases de dados nacionais e internacionais. Essa abordagem permite avaliar se determinada solução tecnológica atende aos quatro critérios fundamentais para o desenvolvimento e a inovação tecnológica, que são: a novidade, a atividade inventiva, a melhoria funcional e a aplicação industrial.

As patentes nacionais e internacionais são concedidas em todos os setores tecnológicos, oferecendo um amplo espectro de informações acessíveis ao público por meio de documentos disponíveis em bases de dados eletrônicas, este consta os achados científicos e memorial descritivo para quem o lê seja capaz de replicá-lo. Todos os documentos de patente são indexados pela Classificação Internacional de Patentes (CIP), o que facilita a busca e o uso dessas informações em nível global. Exemplos de instituições que fornecem esses bancos de dados:

- Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) – Brasil
- Canadian Intellectual Property Office (CIPO) – Canadá
- Free Patents Online (FPO) – Patentes norte-americanas e europeias
- United States Patent and Trademark Office (USPTO) – EUA
- World Intellectual Property Organization (WIPO) – Internacional

Assim, o título de patente dá o direito que a pessoa física ou jurídica tem de usar, gozar, dispor e reivindicar um bem corpóreo ou incorpóreo, dentro dos limites normativos, além de impedir terceiros, sem o seu consentimento, de produzir, colocar à venda, usar, importar produto objeto da patente ou processo ou produto obtido diretamente por processo patentado; podendo fazê-lo somente com a permissão do titular.

No setor da construção civil, as tecnologias patenteadas, como novos métodos de reciclagem de concreto ou composições com resíduos, oferecem uma vantagem diferenciadora, em que, empresas que investem em soluções protegidas por patentes podem se posicionar como líderes em inovação e sustentabilidade (LI, WANG, & ZHANG, 2022). Essa diferenciação também facilita a obtenção de certificações ambientais e contratos com clientes que buscam práticas sustentáveis, aumentando a competitividade no mercado.

#### **4. METODOLOGIA**

Neste trabalho, foram realizadas buscas por artigos científicos nas plataformas Google Acadêmico, *SciELO* e ResearchGate. As palavras-chave utilizadas incluíram: resíduos da construção civil, reaproveitamento, impactos ambientais, resíduos sólidos, sustentabilidade, reuso de concreto, reutilização, reciclagem e reaproveitamento. Foram utilizados os operadores

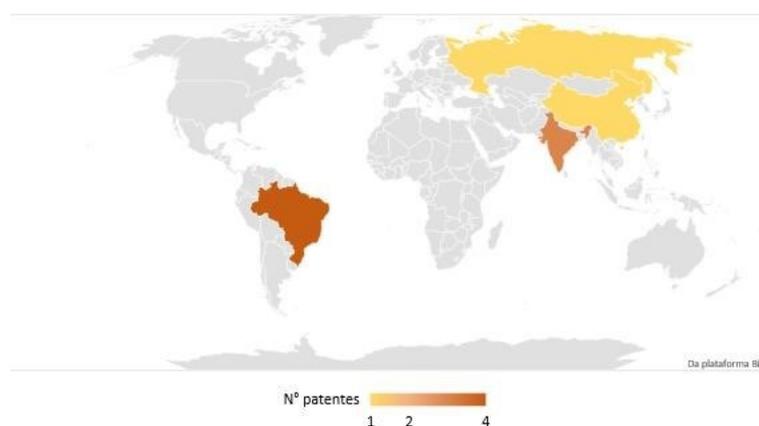
booleanos para indexação da linguagem de consulta (DINET, FAVART & PASSERAULT, 2004). Os critérios estabelecidos para inclusão foram: artigos científicos, de revisão e estudo de casos que abordem sistema de gestão de resíduos civil com a finalidade de propor alternativas de gerir os resíduos sólidos de forma sustentável de acordo com às leis e normas vigentes.

Para identificação de propriedades industriais sobre a reciclagem de concreto civil, foi realizado o levantamento de patentes publicadas no banco de dados do *World Intellectual Property Organization* (WIPO) (<https://www.wipo.int/portal/en/>) e Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) (<https://www.gov.br/inpi/pt-br>) datado em 23 de novembro de 2024. A análise dos dados foi restrita às informações obtidas dentro desse intervalo temporal. A consulta ao banco de dados do INPI e WIPO foram realizadas utilizando a aba de pesquisa avançada, na chave de pesquisa, com buscas pela palavra de indexação “reuse *and* concrete *and* civil”, em idioma português e inglês. As patentes selecionadas foram exportadas para o software Microsoft Office Excel 2016 para organização e análise. O mapa coroplético, representação gráfica que usa padrões, tonalidades ou cores diferentes para mostrar a distribuição de variáveis geográficas em uma área, foi formado no software Microsoft Office Excel 2016 a partir do levantamento das patentes do INPI e WIPO, e a imagem gerada a partir de plataforma BING.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram encontradas 4 patentes depositadas no Brasil, 1 da China, 1 da Federação Russa e 3 na Índia (Figura 1). Dentre os problemas técnicos encontrados nos quatro países estão descritos a escassez de agregados, o alto volume de concreto de detritos e demolições. A fabricação de concreto convencional na construção civil envolve a combinação de cimento, água, areia, agregados graúdos e miúdos (como brita ou cascalho), além de aditivos, como plastificantes ou retardadores de pega (SOBUZ *et al.*, 2016).

Figura 1. Distribuição do número de patentes concedidas no mundo reivindicando o direito a tecnologias de reuso de concretos de demolição associados ou não a outras fontes de agregados.



INPI e WIPO (2024)

Os estudos científicos nem sempre culminam em propriedades industriais, nas bases de dados *Google Acadêmico*, *SciELO* e *ResearchGate* a um somatório de 176.000 publicações, 1.8% nos últimos cinco anos (2019 - 2024) apontando as aplicabilidades e variações na resistência e degradação dos materiais. A proporção desses materiais é ajustada conforme o tipo de concreto desejado, permitindo atender às especificações técnicas e às demandas de desempenho, como resistência, trabalhabilidade e durabilidade (AMRAN *et al.*, 2020; GRAZIA; DEDA e SANCHEZ, 2021).

Entre 1998 a 2024 foram solicitados quatro registro de propriedades industriais junto ao INPI. O primeiro pedido refere-se a instalação de recuperação e reciclagem de agregados de concretos (PI 9805369-8, 1998) a segunda propriedade foi depositada 12 anos depois PI 1001796-8 em que foi requerido o conhecimento sobre concreto polimérico a partir da reciclagem de embalagens PET, resíduos sólidos finos e óleos vegetal usado (PI 1001796-8, 2010), uma década, em 2019 e 2020 foi depositado um concreto polimérico a partir da reciclagem de embalagens de polietileno tereftalato (PET), polipropileno (PP) e polietileno de alta densidade (PEAD) (BR 10 2019 027643, 2019) método de reciclagem e recuperação de lama de concreto (BR 11 2021 021805, 2020). O reuso de resíduos de construção e demolição associado a resíduos de garrafas PET, sacos plásticos e outros é um esforço para reduzir a quantidade de resíduos sólidos como solução para o gerenciamento de resíduos e preservar o meio ambiente.

Bui, Satomi, & Takahashi (2018), observaram que os resíduos de garrafas PET recicladas (RPET) e resíduos de sacos plásticos de tecidos reciclados (RWS) têm alta resistência alcalina em ambientes alcalinos e não apresentaram degradação detectável nos reforçados com fibras de concreto agregado reciclado (RAC) em 90 dias, em que, quando combinado a sílica ativa e fibra RPET aumentou 3,6 - 9% de resistência à compressão, 16,9 - 21,5% de módulo de elasticidade, 11,8 - 20,3% de resistência à tração de divisão, 7 - 15% de resistência ao cisalhamento do RAC em comparação com amostras de RAC sem fibra, enquanto esses valores no RAC reforçado com fibra RWS foram menores.

As propriedades industriais voltadas para a reutilização de concreto civil estão classificadas na seção C do IPC, em que caracteriza processos em química e metalurgia. Três das patentes (PI 9805369-8, 1998; PI 1001796-8, 2010 e BR 10 2019 027643, 2019) estão na classe de cal; magnésia; escória; cimentos; suas composições, por exemplo, argamassa, concreto ou materiais de construções similares; pedra artificial; cerâmica (vidro-cerâmica desvitrificado); refratários (ligas baseadas em metais refratários); tratamento da pedra natural. Outra sessão é de operações de processamento, transporte, em que na classe B03B trata-se da separação de materiais sólidos utilizando líquidos ou mesas ou peneiras pneumáticas (BR 11 2021 021805, 2020).

A primeira patente brasileira relacionada ao tema (PI 9805369-8, registrada em 1998 e concedida em 2020) tem como objetivo a recuperação e reciclagem dos agregados que compõem o traço do concreto convencional usinado, como brita, areia, *filler* e água, provenientes de sobras ou de concreto fora de especificação. Essa tecnologia promove a reutilização dos agregados e a recirculação da água, contribuindo para a redução dos custos operacionais das centrais de concreto. Além disso, possui benefícios ambientais significativos, como a mitigação de contaminação e poluição de bueiros, riachos e mananciais, bem como a eliminação de áreas de descarte inadequado, como bota-foras e entulhos.

Em 2010 e 2019, a segunda e a terceira patente apresentaram inovações significativas ao desenvolver novos tipos de concreto que não dependem diretamente de fragmentos de concreto da construção civil. Ambas utilizaram resíduos poliméricos provenientes de resíduos

sólidos finos, embalagens PET e óleo vegetal usado como substitutos para areia, cimento e água, resultando em produtos com propriedades semelhantes às do concreto convencional utilizado na construção civil.

A patente de 2019 (BR 10 2019 027643) se diferencia da registrada em 2010 ao propor a produção de concreto a partir de polímeros oriundos de embalagens PET, PP e PEAD, com a inclusão de agregados graúdos e miúdos, como brita e areia. Essa abordagem ampliou a gama de materiais reciclados incorporados ao concreto, mantendo sua funcionalidade e contribuindo para uma gestão mais sustentável de resíduos. De acordo com Zulkernain *et al.*(2021) os materiais de construção contendo resíduos plásticos exibem em menor densidade do composto produzido é atribuída à baixa densidade de resíduos plásticos e à maior porosidade dos materiais produzidos, com melhora na durabilidade e as propriedades mecânicas dos materiais.

Já em 2020 surge um método de reciclagem e recuperação de lama de concreto, em que compreende uma etapa de tratamento de lama via separação de agregados, clarificação e desidratação, utilizando os agregados separados como matéria-prima para a fabricação de concreto (BR 11 2021 021805, 2020). A lama são fases ricas em cálcio e silicato, resíduos de subprodutos gerados pela produção de concreto em usinas de concreto, sua viabilidade de uso dos agregados reciclados, água microfiltrada e lodo de cimento como novas matérias-primas podem produzir novo concreto estrutural, ou o lodo reutilizado como enchimento na substituição parcial de areia (DIOTTI *et al.*, 2021). O tratamento da lama de concreto de acordo com o método de reciclagem e recuperação reduz a quantidade de material a ser enterrado no solo e, portanto, os custos de operação de uma planta de fabricação de concreto permite o reuso dos agregados obtidos na recuperação dessa lama de concreto.

Os resíduos de lama de concreto e agregados reciclados sequestram CO<sub>2</sub> de forma eficaz, com mais de 75% de captura em 3 horas, com aumento da resistência e redução da retração de secagem, e conseqüentemente neutralidade em carbono e sustentabilidade ambiental no ciclo de vida (XUAN *et al.*, 2016).

Além do Brasil, a Federação Russa em 1997 requiriu um método de fabricação de peças de concreto armado, em que realiza a destruição do concreto em água por descargas de pulso

elétrico, triturado, dividido em frações e uma mistura de concreto é preparada utilizando as frações necessárias para a reformulação de um novo produto. Essa tecnologia ainda vem sendo estudada e modificada, gerando uma onda de choque, causada pelo efeito eletro-hidráulico de HVPD descarga de pulso de alta voltagem com energia de 50kJ, equivalente a uma carga de choque de explosão (WANG *et al.*, 2021). Posteriormente a Índia e a China produziram novas propriedades industriais de modalidade de utilização.

Em 2018 a Índia reivindica uma inovação voltada ao gerenciamento de resíduos provenientes de detritos e entulhos de concreto (IN - 201741020829). Essa tecnologia foi desenvolvida para mitigar o acúmulo desses materiais, um problema recorrente em grandes centros urbanos. A solução proposta permite o reaproveitamento do concreto de demolição para a reestruturação de edificações, sendo aplicável tanto em áreas de baixa quanto de alta tensão estrutural. Essa abordagem promove a reutilização sustentável dos resíduos, reduzindo impactos ambientais e contribuindo para uma gestão mais eficiente de recursos na construção civil. O concreto de resíduos de construção e demolição é uma alternativa sólida e econômica ao concreto de cimento, onde o agregado foi completamente substituído por resíduos de construção e demolição britados.

Na china, CN-208482772 (2019), reivindica um dispositivo de cilindro de pedra peneirada para a recuperação de resíduos de concreto para engenharia civil. Este modelo de utilidade resolve o problema técnico que é a difícil triagem e mobilidade dos resíduos.

Outros agregados podem compor o concreto, na Índia em 2021, reivindicou a adição de lixo eletrônico substituindo em 5 a 20% o agregado grosso normal para a preparação de concreto, resolvendo a problemática técnica da escassez de agregados grossos no país (IN202141034529, 2021). A resistência similar ao do concreto convencional é alcançada com 5% de substituição no concreto de resíduos eletrônicos e a resistência à tração do concreto aumenta gradualmente após a substituição parcial de agregados grossos por resíduos eletrônicos em até 15% (SUCHITHRA & INDU. 2018). A reutilização dessa matéria-prima, com propriedades cimentícias ajudam a suprir de forma sustentável uma grande quantidade de agregados, ao mesmo tempo em que atende aos requisitos técnicos, econômicos e ambientais.

Em 2023 a Índia reivindica o processo de reutilização de resíduos de cerâmica vermelha no aumento da resistência mecânica do concreto feito a partir de agregados graúdos e finos provenientes de resíduos de construção e demolição (IN202341008025, 2023).

As perspectivas futuras sugerem um avanço da utilização de resíduos de lama de concreto e agregados reciclados na construção civil. Primeiramente, o aprimoramento contínuo do processo de carbonatação mineral direta gás-sólido pode resultar em uma maior eficiência no sequestro de CO<sub>2</sub>, promovendo não apenas uma captura mais eficaz de carbono, mas também a melhoria das propriedades mecânicas e durabilidade dos materiais produzidos. A otimização desse processo pode permitir sua aplicação em maior escala, tornando-o uma solução viável para a produção de materiais sustentáveis em larga escala, com impacto significativo na redução da pegada de carbono da indústria da construção.

Além disso, a escalabilidade da utilização de CSW e FRCAs (agregados reciclados) para a fabricação de blocos de construção e outros produtos pode transformar esses resíduos em recursos valiosos, com o potencial de substituir materiais tradicionais e contribuir para práticas de construção mais ecológicas. Os estudos acadêmicos são predições que abrem caminho para o desenvolvimento de novos materiais que não apenas atendem a requisitos de resistência e durabilidade, mas também apresentam um ciclo de vida ambientalmente mais sustentável, especialmente devido à sua capacidade de sequestro de CO<sub>2</sub>.

A integração destas tecnologias com políticas ambientais e regulamentações de construção pode acelerar a adoção de práticas mais ecológicas, incentivando o uso de tecnologias de captura e armazenamento de CO<sub>2</sub> na indústria da construção civil, alinhando-se a metas globais de redução de emissões de gases de efeito estufa.

## 5. CONCLUSÃO

Este estudo aborda de forma abrangente a evolução das propriedades industriais relacionadas ao reuso de concreto na construção civil, com ênfase nas tecnologias de reciclagem e no seu impacto no contexto da sustentabilidade. Os objetivos específicos foram alcançados por meio de um levantamento detalhado das propriedades industriais relacionadas à reciclagem

de concreto, com foco nas patentes e na produção científica dos últimos cinco anos (2019 - 2024). Esse levantamento revelou uma tendência crescente na inovação de tecnologias que visam a reutilização do concreto, com destaque para o avanço de processos que permitem o reaproveitamento de resíduos de construção, redução do desperdício e a minimização de impactos ambientais.

Ao correlacionar os pedidos de patente com a produção científica, foi possível identificar uma forte conexão entre as inovações tecnológicas e as pesquisas acadêmicas, demonstrando que as tecnologias de reciclagem de concreto estão sendo cada vez mais integradas aos esforços de pesquisa e desenvolvimento. Essa correlação também indicou um aumento significativo na busca por soluções sustentáveis, com patentes e publicações científicas focadas em técnicas que garantem a redução de resíduos e a melhoria das propriedades dos materiais reciclados, alinhando-se aos objetivos globais de sustentabilidade.

Em termos de aplicabilidade, o estudo destacou a crescente implementação dessas tecnologias tanto no mercado nacional quanto internacional. No cenário nacional, observa-se uma adaptação gradual das indústrias da construção civil, enquanto no mercado internacional, especialmente em países com políticas ambientais mais rigorosas, há uma adoção mais acelerada dessas tecnologias como parte de uma estratégia mais ampla para atingir metas de sustentabilidade. As perspectivas futuras apontam para uma maior integração de soluções tecnológicas que promovam o reuso de concreto, ampliando o impacto positivo na redução de emissões de carbono e no aproveitamento de recursos.

Este estudo confirma que a evolução das propriedades industriais relacionadas ao reuso de concreto está diretamente ligada ao avanço tecnológico e acadêmico, e que a sustentabilidade ambiental continuará a ser um motor importante para a inovação e adoção dessas tecnologias, com promissoras perspectivas de crescimento e expansão nos mercados globais.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ABRECON 2020. **A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil** / organizadores S. C. Angulo; L. S. Oliveira, L. Machado - São Paulo: Epusp, 2022. P.104.

Disponível em: <<https://abrecon.org.br/documentos-e-informa/pesquisa-setorialabrecon-2020>>. Acesso em: 22 nov 2024.

AGRAWAL, D.; WAGHE, U.; ANSARI, K.; AMRAN, M. GAMIL, Y.; ALLUQMANI, A. E.; THAKARE, N. **Optimization of eco-friendly concrete with recycled coarse aggregates and rubber particles as sustainable industrial byproducts for construction practices.** *Heliyon*, 10(4). 2024. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25923>.

AHMED, N. **Utilizing plastic waste in the building and construction industry: A pathway towards the circular economy.** *Construction and Building Materials*, v. 383, p. 131311, 2023. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.131311>.

AMRAN, Y.H.M.; ALYOUSEF, R.; ALABDULJABBAR, H.; MOHAMED, El-Z. **Clean production and properties of geopolymer concrete; A review.** *Journal of Cleaner Production*, 251, 119679. 2020. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119679>.

AROCHA JUNIOR, J. A. M.; SOARES, W. M.; PIRES, M. S.; COELHO FILHO, M. H. C.; LEITE NETO, S. T. **Gestão de resíduos da construção civil.** *Caderno Pedagógico*, 21(4), e3841. 2024. Doi: <https://doi.org/10.54033/cadpedv21n4-117>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15116: **Agregados reciclados para uso em argamassas e concretos de cimento Portland – Requisitos e métodos de ensaios.** Rio de Janeiro, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO. **Reciclagem de resíduos da construção e demolição no Brasil.** Disponível em: <<http://abrecon.org.br/>>. Acesso em 20 nov. 2024.

BACHTIAR, E. ; MUSTAAN, M.; JUMAWAN, F.; MELDAWATI, A. T. T.; MUHAMMAD, J.R.; ARMAN, S.; MUHAMMAD, I. **Examining polyethylene terephthalate (PET) as artificial coarse aggregates in concrete.** *Civil Engineering Journal*, vol. 6, n.º 12, 2020, pp. 2416–24. *Civilejournal.org*. Doi: <https://doi.org/10.28991/cej-2020-03091626>.

BRASIL. Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996. **Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial.** *Diário Oficial da União: seção 1*, Brasília, DF, p. 8353, 15 maio 1996. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19279.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19279.htm)>. Acesso em: 24 de novembro de 2024.

BREILLY, D. FADLALLAH, S.; FROIDEVAUX, V.; COLÁS, A.; ALLAIS, F. **Origin and industrial applications of lignosulfonates with a focus on their use as superplasticizers in concrete.** *Construction and Building Materials*. v. 301, 124065. 2021. Doi: <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2021.124065>.

- BUI, N. K.; SATOMI, T.; TAKAHASHI, H. **Recycling woven plastic sack waste and PET bottle waste as fiber in recycled aggregate concrete: An experimental study.** *Waste management*, 78, 79-93 2018. Doi: <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2018.05.035>.
- CONAMA. Resolução CONAMA nº 307, de 05 de julho de 2002. **Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 17 de julho de 2002. Disponível em: <[https://conama.mma.gov.br/option=com\\_sisconama&task=arquivo.download&id=305](https://conama.mma.gov.br/option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=305)>. Acesso em: 22 nov 2024.
- DINET, J.; FAVART, M.; PASSERAULT, J.M. **Searching for information in an Online Public Access Catalogue (Opac): The Impacts of Information Search Expertise on the Use of Boolean Operators.** *Journal of Computer Assisted Learning* 20, nº 5 2004: 338–46. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2004.00093.x>.
- DIOTTI, A.; COMINOLI, L.; PLIZZARI, G.; SORLINI, S. **Experimental evaluation of recycled aggregates, washing water and cement sludge recovered from returned concrete.** *Applied Sciences* 12, nº 1: 36. 202. Doi: <https://doi.org/10.3390/app12010036>.
- FARINA, I.; COLANGELO, F.; PETRILLO, A.; FERRARO, A.; MOCCIA, I.; CIOFFI, R. **LCA of concrete with construction and demolition waste.** *Advances in Construction and Demolition Waste Recycling Management, Processing and Environmental Assessment*, p.501-513, 2020. Doi: [doi:10.1016/b978-0-12-819055-5.00024-3](https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819055-5.00024-3).
- GRAZIA, M.; DEDA, H.; SANCHEZ, L. F.M. **The influence of the binder type & aggregate nature on the electrical resistivity of conventional concrete.** *Journal of building engineering*, 43, 102540. 2021. Doi: <https://doi.org/10.1016/J.JOBE.2021.102540>.
- HALL, B.H. **“Patents and Patent Policy.** *Oxford Review of Economic Policy*, 23, 568-587. 2007. Doi: <https://doi.org/10.1093/OXREP/GRM037>.
- JUAN-VALDÉS, A.; RODRÍGUEZ-ROBLES, D.; GARCÍA-GONZÁLEZ, J.; GÓMEZ, M. I.S.R.; GUERRA-ROMERO, M. I.; DE BELIE, N.; POZO, J. M. M. **Mechanical and microstructural properties of recycled concretes mixed with ceramic recycled cement and secondary recycled aggregates.** *A Viable Option for Future Concrete. Construction and Building Materials* 27. 2020. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121455>.
- KARIMI, H. R.; MOHAMMAD, A. M.R.; EBNEABBASI, P.; SALEHI, S. M.; KHEDRI, E.; HAGHIGHATPOUR, P.J. **Mode I and mode II fracture toughness and fracture energy of cement concrete containing different percentages of coarse and fine recycled tire rubber granules.** *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*, 123, 103722.2023. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.tafmec.2022.103722>.

- LI, L.; WANG, L.; ZHANG, X. **Technology innovation for sustainability in the building construction industry: an analysis of patents from the Yangtze river Delta, China.** *Buildings* 12(12) .2022. Doi: <https://doi.org/10.3390/buildings12122205>.
- LIMA, J. S.; GOMES, J. L. **Concreto sustentável aplicado à construção civil.** *RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar - ISSN 2675-6218*, 3(1), e 3122376. 2022. Doi: <https://doi.org/10.47820/recima21.v3i1.2376>.
- MANZI, S.; BALDAZZI, L.; SACCANI, A. **Formulating geopolymers through construction and demolition waste (CDW) recycling: A Comprehensive Case Study.** *Materials*, 16 (23), 7304. 2023. Doi: <https://doi.org/10.3390/ma16237304>.
- MIRALDO, S.; LOPES, S.; PACHECO-TORGAL, F.; LOPES, A. **Advantages and shortcomings of the utilization of recycled wastes as aggregates in structural concretes.** *Construction and Building Materials*, 298. 2021. Doi: <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2021.123729>.
- MONTEIRO, R. **Projeção de crescimento da construção civil em 2024 sobe de 3% para 3,5% diz CBIC.** CNN BRASIL. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/macroeconomia/projecao-de-crescimento-da-construcao-civil-em-2024-sobe-de-3-para-35-diz-cbic/>. Acesso: 20 nov 2024.
- MORAES, M. W. M.; XAVIER, J. M. **Os impactos econômico e sócioambiental causados pelo resíduo de construção e demolição: abordagem teórica.** *Revista Multidisciplinar do Sertão*, v. 3, n. 3, p. 389-395, 2021. Doi: <https://doi.org/10.37115/rms.v3i3.365>.
- MOHANTA, N. R.; MURMU, M. **Alternative coarse aggregate for sustainable and ecofriendly concrete: a review.** *Journal of Building Engineering*, vol. 59, 2022. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2022.105079>.
- PASIMENI, F.; FIORINI, A.; GEORGAKAKI, A. **International landscape of the inventive activity on climate change mitigation technologies. A patent analysis.** *Energy Strategy Reviews*.v.36. 2021. Doi: <https://doi.org/10.1016/J.ESR.2021.100677> .
- QUAGLIO, R. S.; ARANA, A. R. **Diagnóstico da gestão de resíduos da construção civil a partir da leitura da paisagem urbana.** *Revista Sociedade & Natureza*. V.32. p.457-471. 2020.
- RIBEIRO, J. A.; SILVA, A. C.; SCHONS, E. **Agregados miúdos não convencionais como alternativa na composição do concreto.** *Revista Foco*, 16(12), e3716-e3716.2023.
- RIBEIRO, L. F. **Reutilização de resíduos de construção civil: um estudo de revisão de literatura sobre a reciclagem do concreto.** Artigo apresentado ao Curso de Graduação

em Engenharia Civil da Universidade Cesumar–UNICESUMAR como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia.2022.

SATHYAN, D.; ANAND, K. B. **Influence of superplasticizer family on the durability characteristics of fly ash incorporated cement concrete.** *Construction and Building Materials*, 204, p. 864-874 2019. Doi: <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2019.01.171>.

SOBUZ, H.R.; VISINTIN, F.; ALI, M. S.; SINGH, M.; GRIFFITH, M.; SHEIKH, A.H. **Manufacturing ultra-high performance concrete utilising conventional materials and production methods.** *Construction and Building Materials*, 111, 251-261. 2016. Doi: <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2016.02.102>.

SOBOLIEVA, T.; HOLIONKO, N.; BATENKO, L.; RESHETNIAK, T. **Global technology trends through patent data analysis.** IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 1037. 2021. Doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1037/1/012059>.

STARÓN, A. **Composite materials based on waste cooking oil for construction applications.** *Buildings*, 13 (4), 994. 2023. Doi: <https://doi.org/10.3390/buildings13040994>.

SUCHITHRA, S.; INDU. V., S. **Study on replacement of coarse aggregate by e-waste in concrete.** International Journal of Engineering Research & Technology (Ijert) Ncrace. v. 3,266-270.2021. <<https://www.ijtra.com/view/study-on-replacement-of-coarseaggregate-by-e-waste-in-concrete-.pdf?paper=study-on-replacement-of-coarseaggregate-by-e-waste-in-concrete-.pdf>>. Acesso: 20 nov 2024.

SUPERTI, V.; HOUMANI, C.; HANSMANN, R.; BAUR, I.; BINDER, C.R. **Strategies for a circular economy in the construction and demolition sector: identifying the factors affecting the recommendation of recycled concrete.** *Sustainability*, 13, 4113. 2021. Doi: <https://doi.org/10.3390/SU13084113>.

TEM Sustentável. **Logística reversa de RCD cresce e traz incentivos ao setor.** Disponível em: <<https://campograndeambiental.com.br/noticias/logistica-reversa-de-rcd-cresce-etraz-incentivos-ao-setor-19>>. 2022. Acesso:20 nov 2024.

TOMAZIA, A. J.F. S.; FRANÇA, M. C.S.; SILVA, M. F.; SILVA, L. P.; BAPTISTA, J. A.A. **Os impactos ao meio ambiente causados pelos descartes de materiais e resíduos de obras da construção civil.** *Revista Do Encontro De Gestão E Tecnologia*, 1(04), 65–72. 2024. Doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.11395796>.

XUAN, D.; ZHAN, B.; POON, C.S.; ZHENG, W. **Carbon dioxide sequestration of concrete slurry waste and its valorisation in construction products.** *Construction*

*and Building Materials* 113, 664–72. 2016. Doi:  
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.03.109>.

WANG, X.; LI, N.; DU, J. WANG, W. **Concrete crushing based on the high-voltage pulse discharge technology**. *Journal of Building Engineering* 41, 2021. Doi:  
<https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.102366>.

ZULKERNAIN, N. H.; GANI, P; CHUAN, N.G. C.; UVARAJAN, T. **Utilisation of plastic waste as aggregate in construction materials: A Review**. *Construction and Building Materials* 296, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123669>.