CBPAT 2020 ANAIS
CONGRESSO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES
DE 15 A 17 DE ABRIL | FORTALEZA - CE
http://dx.doi.org/10.4322/CBPAT.2020.141
ISBN 978-65-86819-05-2

USO DE AGENTES ENDURECEDORES DE SUPERFÍCIE NO TRATAMENTO SUPERFICIAL EM CONCRETO – REVISÃO DA LITERATURA

MARTINS, MATHEUS GOMES
Mestrando em Engenheira Civil
Universidade Federal da Bahia
Bahia; Brasil
matheus.engmartins@gmail.com

COELHO, VINÍCIUS ALMEIDA
Mestrando em Engenharia Civil
Universidade Federal da Bahia
Bahia; Brasil
mrvoelho@gmail.com

BARBOSA, LUANNE BASTOS DE BRITTO
Mestranda em Engenheira Civil
Universidade Federal da Bahia
Bahia; Brasil
lubastosb@gmail.com

CERQUEIRA, MILENA BORGES DOS SANTOS
Doutoranda em Engenharia Civil
Universidade Federal da Bahia
Bahia; Brasil
milena.bsc@gmail.com

SILVA, FRANCISCO GABRIEL SANTOS
Professor Doutor
Universidade Federal da Bahia
Bahia; Brasil
fgabriel.ufba@gmail.com

RESUMO

Os problemas relacionados ao desempenho e durabilidade das estruturas e edificações têm como principal causa a deterioração dos materiais. Por esse motivo, o uso de agentes endurecedores de superfície para o tratamento superficial vem crescendo, pelo motivo do produto promover melhoras em relação às manifestações patológicas recorrentes. Este trabalho tem como objetivo demonstrar os tipos de agentes endurecedores de superfície, o mecanismo de atuação, as principais propriedades estudadas e os tipos de estruturas onde serão aplicados. Para tanto, realizou-se uma revisão sistemática da literatura em bancos de dados científicos (Engineering Village, Science Direct, Scopus, Web of Science), e reunindo análises e comparações entre estudos (artigos) que abordam esses aspectos levantados. Os resultados obtidos apontam que existem diversos tipos de agentes endurecedores estudados atualmente, e que eles estão sendo aplicados principalmente em estruturas de concreto armado, as propriedades mais estudadas e as principais lacunas referentes ao tema proposto.
Palavras-chave: concreto, selantes de concreto, tratamento de superfície, dureza superficial, lacunas.

ABSTRACT

Performance and wear problems of structures and buildings are a major cause of material deterioration. For this reason, the use of surface hardening agents for surface treatment has been increasing, as the product promotes better relationships with recurrent pathological manifestations. This work aims to demonstrate the types of surface resistant agents, the mechanism of action, as the main properties studied and the types of structures that are used. To this end, a systematic literature review is performed in scientific databases (Village of Engineering, Science Direct, Scopus, Web of Science, and gathering analyzes and comparisons between studies (articles)) that address these raised aspects. There are several types of resistance agents studied today, which are being used mainly in reinforced concrete structures, as the most studied properties and as main gaps related to the proposed theme.
Keywords: concrete, concrete sealer, surface treatment, surface hardness, gaps.

ISBN 978-65-86819-05-2

1. INTRODUÇÃO

O concreto é um dos materiais mais difundidos nas construções antigas e contemporâneas. Como consequência da exposição ao ambiente agressivo, as estruturas de concreto podem ser afetadas por muitos processos de degradação química e físico-mecânica (FRANZONI; PIGINO; PISTOLESI, 2013). Neste contexto, reconhece-se que a durabilidade e as propriedades mecânicas do concreto são afetadas pela camada superficial. O tratamento superficial é um método eficiente, pois melhora a qualidade da camada superficial e portanto a durabilidade das estruturas de concreto. Os tratamentos de superfície são classificados em dois grupos com base na composição química: tratamentos inorgânicos e orgânicos.

Tratamentos orgânicos são geralmente usados para revestimento de superfície e impregnação hidrofóbica (PAN et al.,2018). Os revestimentos de superfície incluem acrílico, copolímero de butadieno, borracha clorada, resina epóxi, óleo resinoso, resina de poliéster, copolímero de polietileno entre outros. A maioria dos revestimentos de superfície é muito eficaz para melhorar a durabilidade do concreto, como reduzir a permeabilidade e aumentar a capacidade anticarbonatação (BERTOLINI et al., 2013).

A impregnação hidrofóbica geralmente é realizada através de produtos repelentes à água à base de Silano ou Siloxano, que penetram nos poros do concreto e, teoricamente, reagem com partículas de cimento hidratadas, formando um produto de reação que atua como revestimento hidrofóbico no poro paredes, dentre esses produtos tem-se utilizado também o Ortossilicato de Tetraetil Silano (TEOS).

Em relação ao tratamento inorgânico, tem-se que, esses produtos são essencialmente soluções aquosas de silicato de sódio e fluossilicatos, em menor uso, silicatos de potássio e lítio. Este artigo tem como objetivo demonstrar os tipos de agentes endurecedores de superfície mais usados, as principais propriedades analisadas e o tipos de estruturas em que são aplicados, através de uma revisão sistemática da literatura. Desta forma, foi possível obter as principais lacunas dentro do conhecimento científico, ou seja, áreas de pouca ou nenhuma exploração no meio acadêmico.

2. METODOLOGIA

A metodologia aplicada no estudo foi uma revisão sistemática da literatura, determinando procedimentos para seleção dos artigos que serão avaliados. Uma revisão sistemática da literatura é a identificação, avaliação e interpretação de todas pesquisas disponíveis relevantes a uma questão de pesquisa ou área (KITCHENHAM, et al., 2009). Foram determinadas as bases de dados a serem avaliadas, os tipos de artigos, período, e diversos filtros para seleção de um portfólio bibliográfico, que aborda os artigos mais relevantes na área. A Figura 1 apresenta um fluxograma que aborda todas as etapas para seleção dos artigos.



Figura 1: Fluxograma com descrição da metodologia

Inicialmente, selecionou-se as palavras chaves de acordo com a aderência ao tema, utilizando termos difundidos relacionados ao material. Depois, realizou-se a escolha das bases de dado a serem investigadas, que no caso deste trabalho, foram Engineering Village (Compendex), Science Direct, Scopus e Web of Science.

Em seguida, realizou-se as pesquisas das palavras-chave nas bases de dados. Definiu-se filtros para a pesquisa, visando restringir o portfólio bibliográfico somente a artigos de pesquisa em periódicos, nos últimos 10 anos (intervalo entre 2009 e 2019). Destes filtros, obteve-se um total de 76 artigos.

A seguir, verificou-se a duplicidade dos artigos pesquisados através do software Mendeley, o que resultou em 48 artigos, ou seja, eliminou-se 28 artigos repetidos entre as bases de dados. Logo após, foi verificado a aderência das palavras-chave adotadas, por meio da leitura dos títulos e resumos dos artigos, obteve-se 31 artigos. Por fim, realizou-se a leitura completa dos artigos chegando ao resultado de 20 artigos.

ISBN 978-65-86819-05-2

Do portfólio bibliográfico, foram pesquisados os resultados referentes ao método sistemático de pesquisa, através da avaliação dos resultados por base, ano de publicação, periódicos e país de origem dos artigos. Desta forma, obteve-se os principais indicadores em relação a como vem se desenvolvendo a pesquisa no mundo sobre a utilização de agentes de tratamento de superfície em concreto e demais estruturas. Sucessivamente, a seleção final de artigos foi avaliada, dessa forma, os principais tipos de agentes endurecedores de superfície e estruturas utilizadas, propriedades químicas, físicas e mecânicas estudadas e as principais lacunas referentes ao estudo.

3. RESULTADOS

3.1 Análise do portfólio bibliográfico

Avaliou-se a quantidade de publicações por ano sobre o tema proposto. A Figura 2 apresenta o gráfico do volume de publicações para o intervalo de tempo de 2009 a 2019. Verificou-se que entre 2009 a 2012 houveram apenas duas publicações sobre o tema em estudo, no entanto de 2013 a 2016 percebeu-se um crescimento no número de publicações, obteve-se 13 publicações, sendo que em 2015 houve o pico, com cinco publicações neste ano.

Em 2016 e 2017 existe uma queda no número de artigos publicados em relação a 2015, tendo uma retomada no aumento de publicações em 2018 até 2019. Isto demonstra que na última década, a deterioração das estruturas de concreto e matrizes cimentíceas tornou-se uma grande preocupação, assim como a necessidade da intervenção são evidentes para garantir a preservação das estruturas.

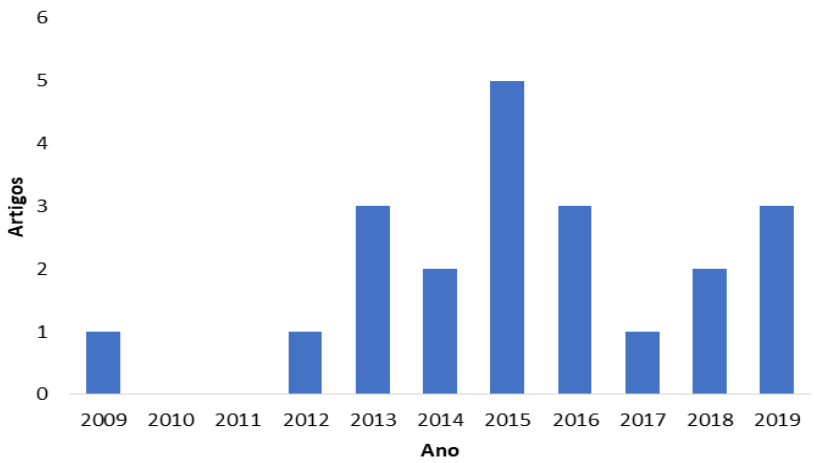

Figura 2: Quantidade de artigos publicados por ano

O gráfico da Figura 3 apresenta os periódicos e quantidade de cada artigo publicado, onde é possível observar os periódicos que tem maior impacto no cenário acadêmico. Em relação aos periódicos que mais discorreram sobre o tema, verificou-se um total de nove periódicos. O periódico que teve mais artigos publicados foi Construction and Building Materials, com 7 artigos.

Destes periódicos, o Cement and Concrete Composites, Cement and concrete Research, Construction and Building Materials, Journal of Materials in Civil Engineering e Materials apresentam grande relevância acadêmica, sendo classificados pelo Qualis Periódicos da CAPES (Quadriênio 2013 – 2016) como A1. Além do mais cabe destaque a um artigo com autores brasileiros, publicados na Revista Matéria.

ISBN 978-65-86819-05-2

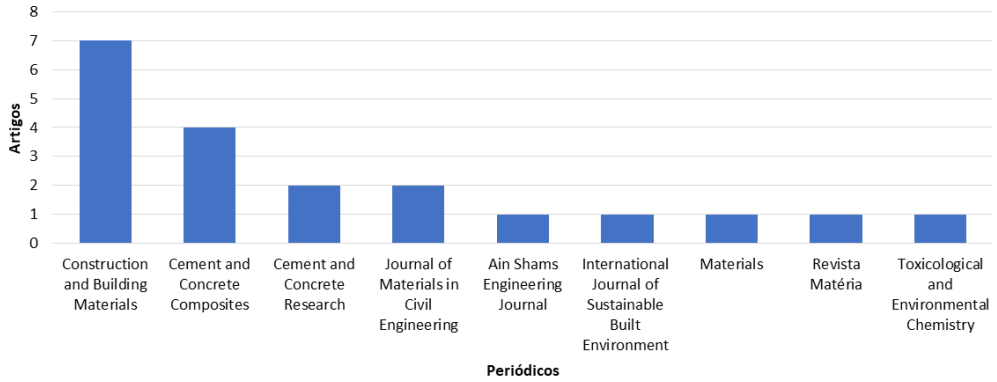

Figura 3: Quantidade de artigos publicados por periódico

Por fim, avaliou-se a quantidade de publicações por país, apresentado no gráfico da Figura 4. Conclui-se que os países com os maiores números de publicações sobre o tema foram a China e os Estados Unidos da América, com 9 e 4, respectivamente. Estes dois países estão entre as nações que mais produzem e utilizam concreto e argamassas nas construções. Por esta razão, estes países investem incessantemente em pesquisas científicas, que buscam novos materiais e métodos para soluções de problemas antigos e os mais recorrentes nas estruturas das edificações.

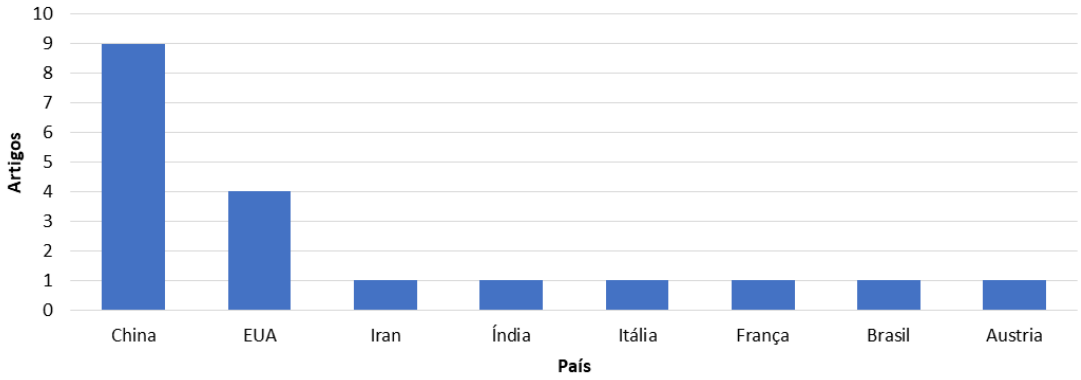

Figura 4: Quantidade de artigos publicados por país.

3.2 Análise do tipo de agente endurecedor e estrutura

Os artigos selecionados foram avaliados quanto aos tipos de agentes endurecedores de superfície aplicados em cada artigo e o tipo de estrutura que foi aplicado este agente, como apresenta a Tabela 1.

Tabela 1 – Tipos de endurecedores e estruturas, aplicados nos artigos (Continua)

Autor	Tipo de Endurecedor	Estrutura aplicada	Componente Químico
Bader et al., (2019)	1.Silano-Siloxano 2.TEOS	Concreto convencional	1. Acrilato de butila (20%) em peso Metacrilato de metila (40%) em peso 2. TEOS com (99%) de conteúdo de substância ativa
Cai et al., (2016)	1.TEOS 2. MT-Silano 3.Silicato de Sódio	Argamassa de cimento	1 e 2. Não informados 3. SiO_2 (30%) em peso

ISBN 978-65-86819-05-2

Dai et al., (2009)	1.Silano líquido 2.Silano (creme) 3.Silicato de sódio 4. Silicato de sódio acrílico	Concreto armado	1. Silano (35–45%) em peso Álcool isopropílico (45–50%) em peso Metanol (5–10%) em peso 2. Alquilalcoxissilano (98,7%) em peso Etanol (1,3%) em peso 3. Partícula de silicato (30-60%) em peso 4. Silicato + resina repelente acrílica
Delnavaz et al., (2012)	1.Dióxido de titânio	Concreto convencional	1. Anatase (70%) rutilo (30%) em peso
ErbektaS; Isgor; Weiss, (2014)	1.Aditivos antimicrobianos	Concreto armado	1.Solução salina aquosa de cloreto de amônio quaternário de silano contendo 3,6(%) de ingrediente ativo como antimicrobiano misturado
Franzoni; Pigino; Pistolesi (2013)	1.Silicato de sódio 2.Nano sílica 3. Nano sílica e Silicato de sódio 4.Silicato de Etila	Concreto armado	1. SiO_2 (10.90%) Na_2O (3.81%) K_2O (0.01%) SO_3 (0.00%) em peso 2. SiO_2 (11,79%) Na_2O (1,08%) K_2O (0.00%) SO_3 (0.02%) em peso 3. SiO_2 (3,82%) Na_2O (1,14%) K_2O (0.00%) SO_3 (0.00%) em peso 4. SiO_2 (21,38%) em peso
He et al., (2018)	1.Óxido de grafeno	Argamassa de cimento Concreto convencional	1. H_2SO_4 (98%), $KMnO_4$, $NaNO_3$ e $H2O_2$ (30%) em peso, foram utilizados sem purificação adicional.
Jiang et al., (2015)	1.Silicato de sódio	Concreto convencional	1.Água desionizada, solução catalítica, hidrato de sódio e surfactante. As faixas das concentrações de silicato de sódio, surfactantes e solução catalítica foram de (23,9% - 34%), (0,003% a 0,1%) (0,15 a 2,55%) em peso
Medeiros et al., (2015)	1. Cimento quartzoso 2. Epóxi 3.Silicatos 4. Silano/siloxano)	Concreto armado	1. Mistura de cimento, quartzo e componentes químicos ativos em pó. 2. Não informado 3. Silicatos de Sódio e Potássio, teor de Sólidos (28,0% ± 1,4%) em peso 4.Não informado
Pan et al., (2019)	1.Silicato de Sódio	Concreto convencional	Amostra 1: Na_2O (9,05%) e (12,9%) em peso Amostra 2: SiO_2: (26,5%) e (25%) em peso
Pigino et al., (2012)	1.Silicato de Etila	Concreto armado	1. Ortosilicato de Tetraetil (75%) em peso
Pritzl; TabatabI; Ghorbanpoor, (2015)	1.Siloxano	Concreto armado	Amostra 1: Uma mistura inorgânica complexa de silicato alcalino-terroso Amostra 2: Aditivo orgânico inibidor de corrosão com uma combinação à base de água de aminas e ésteres Amostra 2: Mistura produtora de cristais
Rajabipour et al., (2015)	1.Silicato de lítio	Concreto convencional Concreto armado	$LiNO_3$ (75%) em peso CaO (27,7%) em peso

ISBN 978-65-86819-05-2

Sivasankar; Arul; Vedalakshmi, (2013)	1. Éster de silicone 2.Silano- Siloxano (emulsão) 3. Silano-Siloxano (creme)	Concreto armado	Não informado
Song et al., (2016)	1.Silicato de sódio	Concreto convencional	Na_2O: (8,2%) em peso SiO_2: (26%) em peso Água deionizada Solução específica de catalisador
Spaeth;Tegguer, (2014)	1.Silicato de sódio 2.Silano-Siloxano	Concreto com RCA	Não informado
Sudbrink et al., (2017)	1.Silano	Concreto convencional	Não informado
Suleiman; Soliman;Nehdi, (2014)	1.Silano 2.Silicato de sódio 3. Resina epóxi 4. Resina de polímero acrílico sólido	Concreto convencional	Não informado
Wang et al., (2019)	1.MT-Silano 2.Silicato de sódio 3.Silano-Siloxano 4.Resina epóxi 5. Resina polimérica	Concreto convencional	Água de cal saturada foi preparada como Mg (4%) MgC_{l2} (20%), CaC_{l2} (4%), $CaCl_2$ (20%) em peso
Xie et al., (2016)	1.Metacrilato polimérico I 2. Metacrilato polimérico II 3.Resina epóxi 4. Metacrilato de metilo polimérico	Concreto convencional	1.Resina, cumeno, hidroperóxido e acelerador; 2. Resina, promotor e hidroperóxido de cumeno; 3. Resina e endurecedor; 4.Endurecedor e resina em pó.

Em relação aos endurecedores utilizados, constata-se que foram utilizados diversos tipos nos trabalhos analisados, porém os mais predominantes foram os Silicatos de Sódio, Silanos e Siloxanos, houve alguns casos específicos como o uso do Óxido de grafeno, Metacrilatos de metila, Aditivos antimicrobianos, TEOS, e Silicato de lítio.

O uso do Silicato de sódio, Silanos e Siloxanos é justificado, por serem materiais muito pesquisados ao longo das décadas para solucionar os problemas referente a durabilidade das estruturas de concreto. O destaque desses materiais mostra o rumo das pesquisas, sendo que grande parte dos autores compara o desempenho dos Silicatos de Sódio que são agentes inorgânicos mais econômicos do que os Silanos/Siloxanos, agentes orgânicos e de maior custo que os Silicatos de sódio.

Quanto ao tipo de estrutura que é realizada o estudo do tratamento superficial, o concreto armado, está presente em maior número nos trabalhos selecionados no portfólio bibliográfico. Isto ocorre, pois, as estruturas de concreto armado, ainda são as mais usadas nos sistemas construtivos no mundo e consequentemente estão expostas aos diversos agentes de degradação, acarretando em várias manifestações patológicas.

Em referência aos componentes químicos presentes nos tipos de endurecedores de superfície apresentados nos artigos em destaque, tem-se que para os Silicatos de sódio houve uma variação do teor em peso de Na_2O (óxido de sódio), numa faixa de (1,08% - 12,9%) em peso.

Já o SiO_2 (dióxido de silício) teve um intervalo de (3,82% - 30%), esses intervalos podem ser explicados pelo fato de cada fabricante utilizar um percentual diferente de elemento químico e como há uma gama de endurecedores do tipo Silicato de sódio como também muitos fabricantes é possível obter variações como estas.

Porém teores elevados de Na_2O podem contribuir para o surgimento da reação álcali sílica (RAS), entre o silicato de sódio e o hidróxido de cálcio, que é prejudicial ao concreto. Para proteger as estruturas de concreto da RAS, estão sendo utilizados Silicatos de lítio, com isso, ao longo dos anos métodos de dosagem estão sendo elaborados para utilizar a

ISBN 978-65-86819-05-2

quantidade de material que seja mais eficaz. Drimalas et al., (2012) demonstraram que 30% de cinzas volantes classe C (27,7% CaO) ou uma dosagem de $LiNO_3$ fornecendo razão molar [Li] / [Na + K] = 0,56 (equivalente a 75% da dose padrão da razão molar de 0,74) foram eficazes em reduzindo a expansão de agregados finos altamente reativos de Texas, com o 75% $LiNO_3$ mostrando expansão observada após 3500 dias em exposição ao ar livre. Este valor de $LiNO_3$ (75%) em peso, consta no artigo de Rajabipour et al., (2015).

Hou et al., (2014) descobriram que o tratamento com nano-SiO_2 (nano sílica) presentes nos endurecedores de superfície, pode aumentar a impermeabilidade de pastas de cimento endurecidas, pois auxilia na redução do volume de poros maiores que 50 nm (nanômetro) e o valor limite de uma rede de poros.

No caso dos agentes Silanos-Siloxanos, percebe-se que dos 9 artigos que utilizaram este tipo de agente endurecedor, 5 não especificaram os composição química do endurecedor de superfície, é perceptível que alguns autores exibem apenas os dados fornecidos pelos fabricantes, e não fazem análises químicas para quantificar os elementos químicos situados no produto.

Dessa forma se torna fundamental o fomento em pesquisas científicas, devido ao impacto econômico causado pelos problemas de durabilidade no concreto. Além do mais, busca-se nos estudos, tratamentos de superfície mais eficazes, aliados a materiais que promovam excelentes desempenhos nas propriedades mais exigidas pelo material, com intuito fornecer uma vida útil mais longa à construção. Apesar do número elevado de uso do concreto nas pesquisas, vêm crescendo o foco de tratamento de superfície em revestimentos de argamassa com cimento como aglutinante.

3.3 Análise das propriedades abordadas

Os artigos estudados apresentam diversos objetivos quanto a avaliação do tratamento superficial e tipo de agente endurecedor, exigindo ensaios específicos para caracterizá-los e buscar as respostas relacionadas aos objetivos propostos. O gráfico da Figura 5 apresenta os principais ensaios mecânicos, físicos, térmicos, microestruturais e de durabilidade.

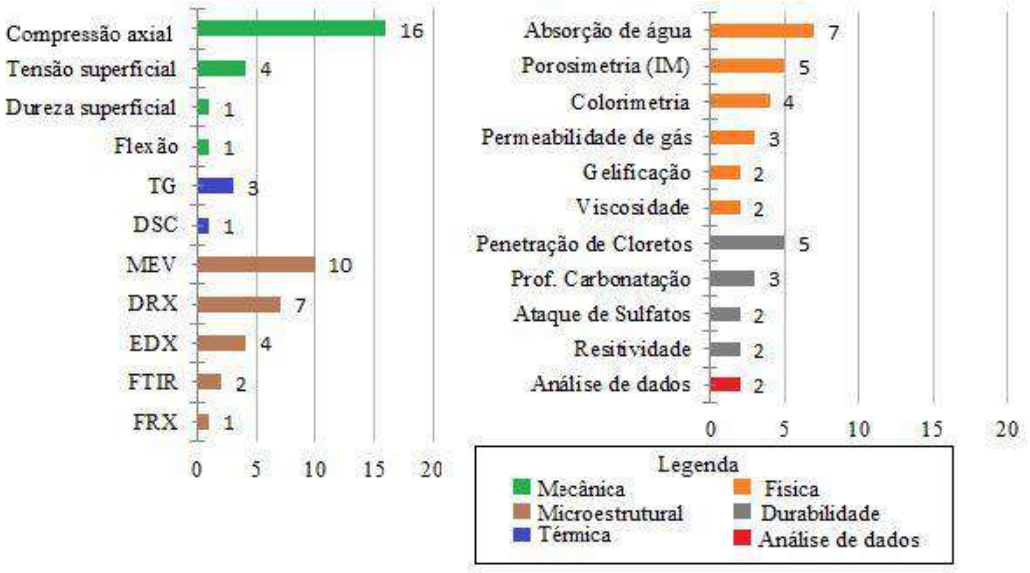

Figura 5: Principais propriedades avaliadas nos artigos

Em relação as propriedades mecânicas, o ensaio mais aplicado foi o de resistência à compressão axial. Isso se deve ao fato de que esta propriedade está diretamente ligada à qualidade do concreto. Sendo assim, se relaciona a qualidade do concreto e as demais resistências e propriedades diretamente com a sua resistência à compressão. A determinação de um valor de resistência a compressão axial do concreto é realizada pelos ensaios de rompimentos de corpos-de-prova cilíndricos submetidos à compressão.

ISBN 978-65-86819-05-2

As dimensões, formas, tipo e tempo de cura e métodos de moldagem são normalizados. Além disso, a resistência a compressão axial tem relação com os efeitos dos agentes de tratamento de superfície, foi percebido que amostras de argamassas antes e após o tratamento de superfície apontam que alterações nos valores de resistência a compressão. Os benefícios do tratamento de superfície na argamassa podem ocorrer devido à densificação da superfície e / ou à modificação dos hidratos.

O segundo ensaio mais frequente nos artigos foi o ensaio de resistência a tensão superficial. Este ensaio é de extrema relevância, visto que é imprescindível analisar quantitativamente se houve aumento da resistência a tensão superficial das estruturas de concreto impregnadas com os agentes endurecedores de superfície. Dessa forma, é importante verificar se de fato os materiais propostos estão sendo eficientes em relação a formação de uma camada superficial que promove uma maior dureza e tensão superficial, como também, se há aumento na resistência a abrasão e diminuição da segregação do material.

Em relação as propriedades térmicas, o ensaio mais aplicado foi o de termogravimetria (TG), porém foi o ensaio menos utilizado em relação a proporção por propriedade, sendo aplicado em apenas 3 artigos. O ensaio de TG é usado nestes casos para determinar os efeitos dos agentes de tratamento nas propriedades de hidratação do cimento, a fim de lançar luz sobre seus efeitos quando aplicados na superfície de materiais endurecidos à base de cimento, especialmente nas idades mais precoces. A calorimetria exploratória diferencial (DSC), foi vista em apenas um artigo.

Quanto aos ensaios microestruturais, a microscopia eletrônica de varredura (MEV) apresentou maior aplicação nos estudos, sendo observado em 10 artigos. Este ensaio é usualmente aplicado para analisar a morfologia dos produtos da reação do agente de tratamento com a pasta de cimento, além do mais as micrografias de MEV auxiliam a demonstrar os cristais granulares distribuídos.

A quantidade e o tamanho individual dos cristais entre as superfícies tratadas, como também se houve o empacotamento ou densificação dos grãos. Com a ajuda da análise de difratometria por raios x, esses cristais são identificados, de acordo com a sua estrutura e fase cristalina, como também é possível comparar a composição dos elementos presentes na estrutura antes e depois do tratamentos superficial.

Quanto aos ensaios físicos, o ensaio de absorção de água e porosimetria por imersão de mercúrio apresentaram maior relevância. Isto ocorre porque é preciso verificar se realmente os agentes endurecedores de superfície diminuem a permeabilidade da camada superficial do concreto e argamassa. De acordo com os resultados dos artigos os agentes de tratamento superficial também alteram a microestrutura da cobertura de concreto, dessa forma demonstraram ser eficientes quanto a redução da permeabilidade e difusão de cloretos no concreto.

Já a porosimetria por imersão de mercúrio é um ensaio importante, pois mostra que as influências dos agentes de tratamento na estrutura de poros da pasta de aplicação dependem do tipo do agente e do tempo de tratamento da amostra. Além do mais a porosimetria é fundamental para a determinação da densidade aparente, da densidade do sólido, da distribuição de tamanho de poros. No entanto, percebe-se que menos da metade dos autores utilizaram este método.

Os ensaios de durabilidade apresentaram um número razoavelmente baixo, tendo em consideração a preocupação com a durabilidade das estruturas. O ensaio mais aplicado foi o de penetração de cloretos, encontrado em 5 artigos. Este ensaio tem o objetivo de determinar as profundidades médias de penetração de cloretos no concreto. Isto é notório, já que os tratamentos superficiais se mostram capazes de diminuir o fluxo de entrada de cloretos devido ao tamponamento dos poros da camada superficial do concreto através das reações com os produtos de hidratação do cimento.

Por fim, em relação as análises estatísticas dos resultados dos ensaios nos artigos, apenas dois artigos aplicaram métodos para verificar a natureza das diferenças amostrais avaliadas. Os métodos utilizados foram a análise de variância (ANOVA) e Ferramentas de Análise por meio do software Microsoft Excel.

4. CONCLUSÃO

Através da revisão sistemática da literatura aplicada ao estudo, conclui-se que nos últimos 10 anos, diversos autores exploraram os tipos de agentes endurecedores de superfície mais usados, as principais propriedades analisadas e o tipos de estruturas em que são aplicados. Este interesse foi maior em 2015, com aumento significante na quantidade de artigos publicados sobre o tema, em diversos polos científicos do mundo, como a China e Estados Unidos da América e em periódicos de elevada importância acadêmica.

No que se diz respeito ao tipo de estrutura em que foram aplicados os agentes endurecedores, percebe-se que há uma variação significativa. Foi estudado o tratamento em concreto de alto desempenho, para avaliar a conservação da aparência das superfícies e o desempenho quando submetidos a intemperismo artificial. Avaliou-se o desempenho de materiais cimentícios e aditivos antimicrobianos durante a fase de fixação bacteriana da Corrosão do Concreto

ISBN 978-65-86819-05-2

Microbialmente Induzida (MICC). A deterioração da pasta e a eficácia de aditivos antimicrobianos misturados e / ou aplicados topicamente foram avaliadas.

Investigou-se também a influência da suspensão de óxido de grafeno (GO) como agente endurecedor de superfície, avaliando o desempenho das propriedades de dois tipos de argamassas cimentíceas (argamassa de cimento Portland e argamassa de alto teor de cinzas volantes. Referente ao concreto armado, analisou-se o efeito de proteção dos inúmeros produtos disponíveis no mercado para ser aplicados na proteção de superfície sendo eles (cimento quartzoso, epóxi, silicatos, silano/siloxano, silicatos de sódio, flúor silicatos, TEOS, entre outros).

Em relação aos artigos avaliados, percebe-se uma diversidade de agentes endurecedores de superfície a estes estudos, demonstrando que não existe um consenso em qual agente é mais eficiente e que apresente maior potencial para aplicação seja em concreto armado, convencional ou em argamassa presentes em estruturas e edificações. Além disso, tem-se buscado comparação entre os vários tipos de agentes e tratamentos existentes, visando extrair o máximo de melhoria de propriedade que cada material pode fornecer.

Quanto aos ensaios aplicados nestes estudos, fica evidente a necessidade de ensaios mecânicos voltados a camada superficial (dureza superficial, tensão superficial, impacto, risco e aderência), térmicos (TG e DSC) que foram os que tiveram menor frequência.

Em relação as avaliações microestruturais tem-se a espectroscopia no infravermelho (FTIR) que pode ser mais explorada, pois traz resultados bastante relevantes para avaliação da atuação dos agentes em questão. No entanto, algumas lacunas tornam-se evidentes neste estudo. Além dos ensaios menos realizados nos artigos, dá-se um destaque aos poucos artigos que avaliaram a durabilidade das estruturas, sendo observado com baixa frequência.

Referente aos ensaios de durabilidade, entende que a durabilidade destes materiais é de fundamental importância pois determina o ciclo de vida do produto e das estruturas onde estes materiais são aplicados. Também existe uma carência quanto a análises estatísticas, ponto importante para comprovação dos dados publicados. O preenchimento destas lacunas trazem ganhos ao meio acadêmico, contribuindo com o conhecimento acerca dos agentes endurecedores de superfície ampliando assim o panorama destes materiais na construção civil.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pelo apoio financeiro e incentivo à pesquisa.

REFERÊNCIAS

BADER, T. et al. **On the performance of film formers versus penetrants as water-repellent treatment of High-Performance Concrete (HPC) surfaces**. Construction and Building Materials, v. 203, p. 481–490, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.01.089>.

BERTOLINI.L, B.ELSENER, P.PEDEFERRI, R.POLDER. **Corrosion of steel in concrete Prevention, Diagnosis, Repair**. Editora Wiley. 2013.

CAI, Y.; HOU, P.; DUAN, C. **The use of tetraethyl orthosilicate silane (TEOS) for surface-treatment of hardened cement-based materials: A comparison study with normal treatment agents**. Construction and Building Materials, v. 117, p. 144–151, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.05.028>.

DAI, J. et al. **Water repellent surface impregnation for extension of service life of reinforced concrete structures in marine environments: The role of cracks**. Cement and Concrete Composites, v. 32, n. 2, p. 101–109, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2009.11.001>.

DANG, Y. et al. **Influence of Surface Sealers on the Properties of Internally Cured Cement Mortars Containing Saturated Fine Lightweight Aggregate.** Journal of Materials in Civil Engineering, v. 27, n. 12, p. 1–9, 2015.

DELNAVAZ, M. et al**. Kinetics study of photocatalytic process for treatment of phenolic wastewater by TiO 2 nano powder immobilized on concrete surfaces**. Toxicological & Environmental Chemistry, v. 94, n. 6, p. 1086–1098, 2012. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02772248.2012.688331>. Acesso em: 16 dez. 2019.

ISBN 978-65-86819-05-2

DRIMALAS, T; J.H. IDEKER; G. ARRIETTA; K.J. FOLLIARD, B. FOURNIER, M.D.A. THOMAS. **Evaluating combinations of aggregates in the accelerated mortar bar test**. Proc. 14th Int. Conf. on Alkali–Aggregate Reactions in Concrete, Austin, Texas, 2012.

ERBEKTAS, Al.; ISGOR, O.; WEISS, W. **An accelerated testing protocol for assessing microbially induced concrete deterioration during the bacterial attachment phase**. Cement and Concrete Composites, v. 104, n. May, p. 103339, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2019.103339>.

FRANZONI, E.; PIGINO, B.; PISTOLESI, C. **Ethyl silicate for surface protection of concrete: Performance in comparison with other inorganic surface treatments**. Cement and Concrete Composites, v. 44, p. 69–76, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2013.05.008>.

HE, J. et al. **Laboratory investigation of graphene oxide suspension as a surface sealer for cementitious mortars.** Construction and Building Materials, v. 162, p. 65–79, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.12.022>.

HOU, P. CHENG,X. QIAN,J. S.P. **Shah, Effects and mechanisms of surface treatment of hardened cement-based materials with colloidal nanoSiO2 and its and its precursor**. Construction and Building Materials. Ed.53. (2014) p. 66–73.

JIANG, L. et al. **The investigation of factors affecting the water impermeability of inorganic sodium silicate-based concrete sealers.** Construction and Building Materials, v. 93, p. 729–736, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.06.001>.

KITCHENHAM, B. **Guidelines for performing systematic literature reviews in software Engineering**. UK (2007).

MEDEIROS, M. **Efficiency of surface protection systems for concrete: water absorption, chloride migration and contact angle.** Revista Materia, p. 145–159, 2015.

PAN, X. et al. **Effect of inorganic surface treatment on surface hardness and carbonation of cement-based materials.** Cement and Concrete Composites, v. 90, n. March, p. 218–224, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2018.03.026>.

PIGINO,B et al. **Cement & Concrete Composites Ethyl silicate for surface treatment of concrete – Part II: Characteristics and performance.** Cement and Concrete Composites, v. 34, n. 3, p. 313–321, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2011.11.021>.

PRITZL, M.; TABATABAI, H; GHORBANPOOR, A**. Long-term chloride profiles in bridge decks treated with penetrating sealer or corrosion inhibitors.** Construction and Building Materials, v. 101, p. 1037–1046, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.10.158>.

RAJABIPOUR, F. et al. **Alkali – silica reaction : Current understanding of the reaction mechanisms and the knowledge gaps.** Cement and Concrete Research, v. 76, p. 130–146, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconres.2015.05.024>.

SIVASANKAR, A; ARUL XAVIER STANGO, S; VEDALAKSHMI, R. **Quantitative estimation on delaying of onset of corrosion of rebar in surface treated concrete using sealers.** Ain Shams Engineering Journal, v. 4, n. 4, p. 615–623, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.asej.2013.01.007>.

SONG, Z. et al. **Experimental exploration of the waterproofing mechanism of inorganic sodium silicate-based concrete sealers.** Construction and Building Materials, v. 104, p. 276–283, 2016. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S095006181530742X>. Acesso em: 16 dez. 2019.

SPAETH, V.; TEGGUER, A. **Improvement of recycled concrete aggregate properties by polymer treatments.** International Journal of Sustainable Built Environment, v. 2, n. 2, p. 143–152, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijsbe.2014.03.003>.

ISBN 978-65-86819-05-2

SUDBRINK, B. et al. **Imaging the presence of silane coatings in concrete with micro X-ray fluorescence.** Cement and Concrete Research, v. 92, p. 121–127, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconres.2016.11.019>.

SULEIMAN, A. R.; SOLIMAN, A. M.; NEHDI, M. L. **Effect of surface treatment on durability of concrete exposed to physical sulfate attack.** Construction and Building Materials, v. 73, p. 674–681, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.10.006>.

WANG, X. et al. **Material characterization to assess effectiveness of surface treatment to prevent joint deterioration from oxychloride formation mechanism**. Cement and Concrete Composites, v. 104, n. March, p. 103394, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2019.103394>.

XIE, N. et al. **Accelerated Laboratory Test Suggests the Importance of Film Integrity of Sealers on the Protection of Concrete from Deicer Scaling**. Journal of Materials in Civil Engineering, v. 28, n. 9, p. 1–11, 2016.

ZOU, S. al. **Factors Affecting the Effectiveness of Inorganic Silicate Sealer Material through Multi-Quality Characteristics.** Materials, v. 6, n. 3, p. 1191–1204, 2013. Disponível em: <http://www.mdpi.com/1996-1944/6/3/1191>. Acesso em: 16 dez. 2019.