



ANÁLISE COMPARATIVA DO ADITIVO LÁTEX ESTIRENO BUTADIENO NO CONCRETO DE AGREGADO RECICLADO

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE BUTADIENE STYRENE LATEX ADDITIVE IN RECYCLED AGGREGATE CONCRETE

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ADITIVO DE LÁTEX DE ESTIRENO BUTADIENO EN HORMIGÓN AGREGADO RECICLADO

Lucas Souza Araujo¹, Alex Silva¹, Jessica Araujo Suzart¹, Millena Santos Cardozo¹, Pedro Assunção¹, Leonardo Moraes Armesto²

e3122355

<https://doi.org/10.47820/recima21.v3i12.2355>

PUBLICADO: 12/2022

RESUMO

Este estudo tem como objetivo comparar através das pesquisas, o uso do concreto de agregado reciclado para minimizar o descarte indevido. Entretanto, este concreto produzido com agregado reciclado apresenta diversos problemas, como por exemplo, uma menor massa específica, perda de trabalhabilidade e alto consumo de cimento devido à alta absorção de água, além de apresentar maior porosidade, comparado ao agregado natural. Devido à argamassa aderida à sua superfície, que promove o aumento da relação água/cimento, ocorre a diminuição da massa específica deste concreto produzido de agregado reciclado. Com isso, a resistência à compressão desse concreto tende a decrescer com o aumento do teor de substituição do agregado natural pelo agregado reciclado. Uma outra possível solução é o uso do látex, que são dispersões de partículas de polímeros orgânicos em água, fluídos leitosos que tem coloração branca. Porém, apenas 5% destes látex podem ser usados com o cimento Portland. Um dos látex mais usados para concreto, é o látex estireno butadieno, o qual é analisado neste estudo. Ele pode diminuir a necessidade de adição de água na argamassa, retardando a hidratação do cimento, assim, aumentando a tenacidade, e melhorando a trabalhabilidade do concreto. Estudos demonstram um aumento máximo da resistência à compressão de 20,95%, utilizando um teor de látex de 15%, um aumento máximo na resistência à flexão de 36,35% para concretos convencionais, visando o aumento da utilização do agregado reciclado de concreto na construção civil.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduo de Construção Civil. Agregado reciclado de concreto. Látex estireno butadieno.

ABSTRACT

This study aims to compare through research the use of recycled aggregate concrete to minimize undue disposal. However, this concrete produced with recycled aggregate presents several problems, such as a lower specific mass, loss of workability and high consumption of cement due to high water absorption, besides presenting higher porosity, compared to the natural aggregate. Due to the mortar adhered to its surface, which promotes the increase of the water/cement ratio, there is a decrease in the specific mass of this concrete produced from recycled aggregate. Thus, the compressive strength of this concrete tends to decline with the increase of the replacement content of the natural aggregate by the recycled aggregate. Another possible solution is the use of latex, which are particle dispersions of organic

¹ Universidade Paulista.

² Doutorando em Engenharia Biomédica, Mestrado em Bioengenharia pela UNIESP-Universidade Brasil, Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Gestão Estratégica de Negócios na instituição de ensino Centro Universitário Monte Serrat (Unimonte), Pós-Graduação em Energias Renováveis, pela Politécnica Universidad de Madrid e em Astrofísica pela Universidade de Santa Catarina. Especialista em Arquitetura, Construção e Gestão de Edificações Sustentáveis. Especialização em Filosofia e História da Ciência. Graduado em Engenharia Civil na instituição Centro Universitário Monte Serrat, Engenharia Eletricidade, Engenharia Industrial Mecânica, Engenharia Ambiental e Análise e Desenvolvimento de Sistemas pelo Instituto Brasileiro de Tecnologia Avançada, Licenciaturas em: Física, Matemática, Química, Filosofia, Sociologia e Pedagogia Licenciado, além de Licenciando em História pela Universidade de Franca; além de Medicina pela autarquia pública na Faculdade Municipal de São Caetano do Sul.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE COMPARATIVA DO ADITIVO LÁTEX ESTIRENO BUTADIENO NO CONCRETO DE AGREGADO RECICLADO
Lucas Souza Araujo, Alex Silva, Jessica Araujo Suzart, Millena Santos Cardozo, Pedro Assunção, Leonardo Moraes Armesto

polymers in water, milky fluids that have white coloration. However, only 5% of these latexes can be used with Portland cement. One of the most used latexes for concrete is butadiene styrene latex, which is analyzed in this study. It can decrease the need for adding water to the mortar, slowing the hydration of cement, thereby increasing the tenacity, and improving the workability of concrete. Studies show a maximum increase in compressive strength of 20.95%, using a latex content of 15%, a maximum increase in bending strength of 36.35% for conventional concrete, aiming at increasing the use of recycled concrete aggregate in civil construction.

KEYWORDS: *Construction Residue. Recycled aggregate of concrete. Butadiene styrene latex.*

RESUMEN

Este estudio tiene como objetivo comparar a través de la investigación el uso de hormigón agregado reciclado para minimizar la eliminación indebida. Sin embargo, este hormigón producido con agregado reciclado presenta varios problemas, como una menor masa específica, pérdida de trabajabilidad y alto consumo de cemento debido a la alta absorción de agua, además de presentar una mayor porosidad, en comparación con el agregado natural. Debido al mortero adherido a su superficie, que promueve el aumento de la relación agua/cemento, hay una disminución en la masa específica de este hormigón producido a partir de áridos reciclados. Por lo tanto, la resistencia a la compresión de este hormigón tiende a disminuir con el aumento del contenido de reemplazo del agregado natural por el agregado reciclado. Otra posible solución es el uso de látex, que son dispersiones de partículas de polímeros orgánicos en agua, fluidos lechosos que tienen coloración blanca. Sin embargo, solo el 5% de estos látex se pueden usar con cemento Portland. Uno de los látex más utilizados para el hormigón es el látex de butadieno estireno, que se analiza en este estudio. Puede disminuir la necesidad de agregar agua al mortero, ralentizando la hidratación del cemento, aumentando así la tenacidad y mejorando la trabajabilidad del concreto. Los estudios muestran un aumento máximo en la resistencia a la compresión del 20,95%, utilizando un contenido de látex del 15%, un aumento máximo en la resistencia a la flexión del 36,35% para el hormigón convencional, con el objetivo de aumentar el uso de agregado de hormigón reciclado en la construcción civil.

PALABRAS CLAVE: *Residuo de construcción. Agregado reciclado de hormigón. Látex de estireno butadieno.*

INTRODUÇÃO

A construção civil é um dos mais importantes setores da economia brasileira, o qual, no ano de 2021, alcançou a marca de 9,7% do PIB IBGE (2021), o melhor desempenho desde 2010.

Segundo Scheifer *et al.*, (2021), apesar desse panorama, a construção civil também se comporta como um grande gerador de resíduos, e é responsável pelo elevado consumo de recursos naturais, entre os quais estão os agregados minerais, utilizados comumente na produção de concretos, para amenizar os impactos ambientais usa-se a reciclagem de resíduos da construção civil como agregados na fabricação de concreto, blocos de vedação etc., com a finalidade de atender às questões técnicas, econômicas, sociais e ambientais.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) por meio de sua resolução 307/2002 considerou a viabilidade técnica e econômica da produção e uso dos materiais provenientes da reciclagem de resíduos da construção civil, os benefícios ao meio ambiente, sociedade e economia. A Resolução por sua vez classificou os RCD (Resíduo da construção e demolição), sendo elas A, B, C e D, a classe A aborda os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, referindo-se a componentes cerâmicos, concreto e argamassas. Materiais oriundos de construção, demolição,



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE COMPARATIVA DO ADITIVO LÁTEX ESTIRENO BUTADIENO NO CONCRETO DE AGREGADO RECICLADO
Lucas Souza Araujo, Alex Silva, Jessica Araujo Suzart, Millena Santos Cardozo, Pedro Assunção, Leonardo Moraes Armesto

reformas, reparos de edificações, processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto.

Como mostrado em diversas pesquisas mencionadas nos capítulos subsequentes, um dos desafios quanto ao uso de ARC (Agregado reciclado de concreto) é o alto índice de absorção de água devido a porosidade. Os concretos produzidos com agregados graúdos reciclados apresentam uma menor massa específica comparado ao agregado natural (AN), devido à sua alta porosidade. Dessa forma, apresentam uma perda de trabalhabilidade e aumento do consumo de cimento devido à alta absorção de água. A água tem um papel de destaque na fabricação do concreto, sua principal função é a homogeneização e hidratação. O fator água/cimento (A/C) é importante no que tange fatores de definição da resistência mecânica do concreto, trabalhabilidade, eficiência e durabilidade. Com isso, vêm sendo empregados o uso de aditivos nos concretos, devido ao fato de proporcionarem vantagens de modificação da resistência ao impacto, melhora no acabamento, durabilidade do concreto, aumento da trabalhabilidade sem aumentar o consumo de água, acelerar ou retardar o tempo de pega e ao longo e a curto prazo, o uso de aditivos traz economia de materiais e o aumento da vida útil das estruturas.

Tal desenvolvimento tem em vista analisar as propriedades do ARC, pelo emprego do *styrene butadiene rubber* (SBR) como aditivo plastificante para reduzir a porcentagem de água em relação ao fator A/C e melhorar a consistência, aumentar a trabalhabilidade, a impermeabilidade e a resistência mecânica do concreto.

Portanto, o panorama abordado requer a construção estrutural do trabalho versado sobre a limitação da usabilidade dos AR, segundo a ABNT NBR (2021), o ARM não é permitido para função estrutural e o ARC está limitado apenas à 20% da massa de agregados totais e a concretos das classes de agressividade I e II da ABNT NBR (2014), tais limitações são relacionadas às suas características físico-químicas e por conta da sua forma de produção no Brasil. Para solucionar o problema da usabilidade dos AR, será empregado o uso de aditivo plastificante *styrene butadiene rubber* (SBR) utilizado para evitar absorção e permeabilidade em argamassa de revestimento, tendo ainda como benefício, o aumento da resistência mecânica e do módulo de elasticidade, a proposta de uso conjunto destes materiais visa a otimização do concreto produzido com AR.

O objetivo deste estudo é comparar a possível utilização do concreto confeccionado com agregado reciclado da construção civil e a adição do látex estireno-butadieno como aditivo, tendo como base seu comportamento em concreto de agregado natural.

1 A RECICLAGEM DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL, O DESCARTE EXCESSIVO E A LIMITAÇÃO NA USABILIDADE DOS AGREGADOS RECICLADOS DE CONCRETO

Conforme John *et al.*, (2004) e Revilla-Cuesta *et al.*, (2020) com o avanço urbano, ocorre uma alta demanda de reformas e demolições gerando uma grande quantidade de RCD, a construção civil formal é responsável por produzir cerca de 50% do RCD, enquanto o setor informal tem parte significativa do consumo de materiais de construção.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE COMPARATIVA DO ADITIVO LÁTEX ESTIRENO BUTADIENO NO CONCRETO DE AGREGADO RECICLADO
Lucas Souza Araujo, Alex Silva, Jessica Araujo Suzart, Millena Santos Cardozo, Pedro Assunção, Leonardo Moraes Armesto

Contreras *et al.*, (2016) diz que o Brasil tem sua produção estimada em 500 kg/ano per capita de RCD, podendo ser variável com o IDH. Os principais métodos de disposição dos resíduos de construção ilegalmente despejados em locais despreparados gera impactos ambientais e econômicos substanciais, que resultam em problemas financeiros para administração pública e comunidade.

Como forma de redução do RCD, Arun *et al.*, (2021) analisou que o agregado graúdo reciclado seria uma opção ideal para solucionar esse impacto ambiental, minimizando a emissão atmosférica.

De acordo com CONAMA 307/2002 é estabelecido que existem classificações de resíduos da construção civil. Iremos abordar a classe A, na qual abrange os resíduos de construção, demolição, reformas, reparos de edificações, pavimentos e obras de infraestruturas.

Sendo assim a ABNT NBR (2021) determina o uso de agregado reciclado para concretos, utilizado para peças de função estrutural, artefatos pré-fabricados, com seu limite de 20% da massa de agregados.

2 POROSIDADE, MASSA ESPECÍFICA, TEMPO DE PEGA E TRABALHABILIDADE DO CONCRETO DE AGREGADOS RECICLADOS

Segundo Etxeberria *et al.*, (2007), Yaprak *et al.*, (2011) e Limbachiya *et al.*, (2012) a argamassa feita de ARC terá um aumento na relação A/C e na absorção de água e assim irá diminuir a massa específica do concreto, isto acontece devido os ARC terem uma maior porosidade comparado com o AN, essa porosidade está relacionada a argamassa residual que fica aderida a sua superfície.

Hansen (1986) e Etxeberria *et al.*, (2007) observou que na maioria dos casos os AR irá precisar de 5% a mais de água do que o concreto convencional para ter a mesma trabalhabilidade, se não tiver esse aumento o concreto de AR não terá uma boa trabalhabilidade, devido a sua capacidade de absorção. Dhir *et al.*, (2019) notou que isto ocorre devido a argamassa aderida e os finos que aspiram uma quantidade de água considerável, com isto é feito o método de compensação de água, nada mais que adicionar água até se obter uma consistência idêntica ao CC.

Conforme Etxeberria *et al.*, (2007) para obter a mesma trabalhabilidade e resistência à compressão do concreto feito de 100% de AR irá precisar adicionar mais 8,3% de cimento.

Ghorbani *et al.*, (2019) preparou uma mistura de concreto com as seguintes porcentagens de AR 0%, 25%, 50%, 75% e 100% de todas as porcentagens a melhor foi a de 25%. Elhakam *et al.*, (2012) também estudou a compressão de concretos com AR e afirmou que quando utilizado 25% de AR não afeta negativamente na resistência, porém se tiver um aumento na porcentagem irá diminuir a resistência à compressão e tração do concreto de AR é desfavorecido quando adicionado diversas porcentagens de AR com qualquer tempo de cura.

Hansen (1986) observou que terá uma redução mínima de até 20% no valor da resistência à compressão quando comparado CC e concreto de AR. O teor de ar incorporado no concreto de AR no estado fresco é 0,6% maior que o CC.

Ravindrarajah *et al.*, (1987) estudou agregado reciclado miúdo e observou que o tempo de início de pega reduziu 30 minutos e o fim de pega reduziu 35 minutos comparado ao CC, essa redução



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE COMPARATIVA DO ADITIVO LÁTEX ESTIRENO BUTADIENO NO CONCRETO DE AGREGADO RECICLADO
Lucas Souza Araujo, Alex Silva, Jessica Araujo Suzart, Millena Santos Cardozo, Pedro Assunção, Leonardo Moraes Armesto

provavelmente se dá por conta da absorção de água do AR miúdo. Para um concreto com fck de 25MPa, a redução no módulo de elasticidade é cerca de 25% para concretos curados em imersão, enquanto para concretos curados ao ar, é de 35%.

Tabela 1 - Comparação de dados obtidos com autores que realizaram ensaios de compressão com concreto de agregado reciclado

	Etxeberria <i>et al.</i> (2007)	Pepe <i>et al.</i> (2014)	Scheifer (2021)	Salgado <i>et al.</i> (2021)
Tempo de cura	28 dias	28 dias	28 dias	28 dias
A/C	0,5	0,53	1,4	0,5
Resistência média	38,79	27,5	3,49	29
Agregado reciclado (%)	25	50	25	20

Fonte: Própria autoria

3 GRANULOMETRIA DO AGREGADO RECICLADO DE CONCRETO

Segundo Hansen (1986), o britador de mandíbulas tem baixa relação de redução e fragmenta uma parcela dos AN presentes no concreto, o que resulta em um produto com distribuição granulométrica mais grossa. As vantagens são o baixo custo de manutenção, sendo ideal para britagem de rocha e pedreiras, podendo-se obter melhores curvas granulométricas de AR para o concreto quando o resíduo utilizado for de concreto estrutural. Enquanto isso, na britagem por impacto, têm potencial de ser utilizada em britagem primária ou secundária de diferentes portes e a sua fragmentação dos resíduos de argamassas e de agregados convencionais ocorre uniformemente, gerando AR de baixa qualidade, produzindo agregados com distribuição granulométrica mais adequada para o canteiro e pavimentação, contando como desvantagem o alto custo de manutenção, com trocas periódicas de peças.

Conforme dito por Ulsen *et al.*, (2010) o mecanismo de britagem primária resulta em uma distribuição granulométrica mais grossa para o RCD (britador de mandíbulas) com maior conteúdo de finos (características do RCD); essa diferença é neutralizada após britagem secundária. A britagem secundária permite adequar a granulometria dos agregados reciclados para possível uso em concretos. Seguindo a ABNT NBR NM (2003), o conjunto de peneiras atendem as seguintes aberturas:

Quadro 1 – Conjunto de peneiras para determinação granulométrica

Agregados	Produto	Aberturas de peneiras
Agregado graúdo	Brita 1	19mm
		12,5mm
		9,5mm
	Brita 0	6,3mm
		4,75mm

Adaptação: ABNT NBR NM (2003)



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE COMPARATIVA DO ADITIVO LÁTEX ESTIRENO BUTADIENO NO CONCRETO DE AGREGADO RECICLADO
Lucas Souza Araujo, Alex Silva, Jessica Araujo Suzart, Millena Santos Cardozo, Pedro Assunção, Leonardo Moraes Armesto

Após a britagem, pode haver uma melhora na qualidade do AR. Como relatado nos itens anteriores, existe uma desvantagem do agregado por conta da argamassa aderida no agregado. Na pesquisa de Pepe *et al.*, (2014) foi feito um processo de limpeza desses agregados para que haja uma melhora nas propriedades mecânicas, esse procedimento é chamado de limpeza autógena. É adicionado no equipamento, o AR a uma taxa de rotação de 60 rotações por minuto com o tempo de duração variando de 10 a 15 minutos, a escolha para a duração foi obtida a partir de alguns testes preliminares realizados em partículas de ARC determinando a capacidade de absorção de água das mesmas partículas antes e depois de várias limpezas. Os resultados das limpezas autógenas, mostraram que, quanto mais o agregado é lavado mais se pode observar uma redução significativa na absorção de água, enquanto esse efeito será menor para durações mais curtas de limpeza. Após o processo de limpeza autógena os agregados foram limpos com água e secos para remover os resíduos finos e impurezas.

Ainda segundo Pepe *et al.*, (2014) a argamassa aderida é o parâmetro que determina a absorção de água de fato, os resultados destacam que após a limpeza, a quantidade de água absorvida foi reduzida em 50% e 20% para Brita 0 e Brita 1, para mostrar a eficiência da limpeza autógena de RCAs também foi analisada através de outros testes, módulo de elasticidade e testes de resistência à tração. Os resultados apresentados mostram que a adição de agregados limpos ou não limpos não afeta significativamente o módulo de elasticidade.

A resistência à tração foi determinada a partir da ABNT NBR (2011) de corpos de prova cilíndricos, após 28 dias de cura com água (três corpos de prova para cada lote). Os resultados mostram que o uso de AR não limpos diminuem resistência à tração significativamente em torno de 13%, enquanto a limpeza autógena leva a maiores resistências à tração.

4 A RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO E SUA INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DOS AGREGADOS RECICLADO DE CONCRETO

Silva *et al.*, (2016) realizaram diversos testes e há uma alta influência do aumento da absorção em relação ao AR, na consistência da argamassa em função do aumento de área superficial e da irregularidade e rugosidade do agregado, aumentando a fricção entre as partículas.

Ao analisarem concretos com AR de modo parcial ou total, Segundo Salgado *et al.*, (2021), Etxeberria *et al.*, (2014) e Cantero *et al.*, (2018) não obtiveram bons resultados no concreto de estado fresco, devido a maior absorção de água e a alta porosidade de AR em relação AN. Assim absorve a água contida na mistura e afeta a trabalhabilidade, fazendo aumentar a quantidade de água na mistura, como consequência aumentando a relação A/C e reduzindo em 25% a resistência do ARC em relação ao CC. Uma boa parte dos ARC absorvem quase 90% da água após 12 minutos de mistura do concreto.

De acordo com Etxeberria *et al.*, (2007), como a água não é destinada a hidratação e na trabalhabilidade do concreto, são utilizados métodos de pré-saturação ou pré-molhagem, para estabelecer a necessidade de uma compensação da água absorvida pelo material.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE COMPARATIVA DO ADITIVO LÁTEX ESTIRENO BUTADIENO NO CONCRETO DE AGREGADO RECICLADO
Lucas Souza Araujo, Alex Silva, Jessica Araujo Suzart, Millena Santos Cardozo, Pedro Assunção, Leonardo Moraes Armesto

Martínez *et al.*, (2018) relatam que um dos parâmetros a ser utilizado para o controle das propriedades do ARC é a relação A/C e o teor de finos que tem o potencial de retração das argamassas em relação ao fator A/C e utilizando a fração mais fina e viável para construção civil.

Scheifer *et al.*, (2021) observaram que a absorção de água do AR (11,1%) é maior que ao AN (1,5%), influenciando o fator A/C dos concretos produzidos para teores de incorporações de 50% de RCD, podendo-se adequar a trabalhabilidade da mistura.

5 O LÁTEX ESTIRENO-BUTADIENO E SEU USO COMO ADITIVO

Baseado na ACI (2003), há diversos tipos de látex no mercado, porém apenas 5% deles podem ser utilizados com cimento Portland e 95% podem coagular quando misturados com aglomerante. Nas definições da ACI (2009), aditivo é uma substância que é adicionada a outra em quantidades pequenas para que se possa melhorar propriedades desejáveis, ou reduzir as indesejáveis. Os polímeros são macromoléculas formadas por monômeros. Monômeros são pequenas moléculas que através de controle de temperatura, pressão e de um catalisador são ligadas entre si, resultando na polimerização. Plastificante é um material que melhora a trabalhabilidade do cimento fresco, a diminuição do fator A/C, melhora da flexibilidade e aumento da resistência mecânica do concreto.

Segundo Walters (1988), os principais látex usados como aglomerantes hidráulicos são: estireno-butadieno, policloropreno, polipropileno policetato de vinila e estireno acrílico. ACI (2003) diz que, surfactantes (estabilizadores) são componentes químicos adicionados durante a fabricação do látex que se incorporam com as partículas do polímero, com isso, eles afetam as interações entre as partículas, e entre estas e as partículas da mistura com o látex. Nos surfactantes o maior efeito reflete na trabalhabilidade da mistura, tendo-se um aumento, sendo colaborante na redução da relação A/C em concretos e argamassas modificadas com látex.

Conforme pesquisa de Ramli *et al.*, (2013), Eren *et al.*, (2017) e Li *et al.*, (2018) o SBR, um dos látex mais utilizados para concreto, pode aumentar a tenacidade do cimento, melhorar a estrutura dos poros e a trabalhabilidade. Com base nos autores Wang *et al.*, (2016) e Assaad (2018), a melhora da tenacidade, depende do preenchimento de vazios do cimento e da absorção da tensão correspondente pelo SBR. Wang *et al.*, (2016) analisou a técnica do cimento modificado com látex de estireno butadieno, melhorando a hidratação e sua capacidade de ligação em massas de concreto.

Para Wang *et al.*, (2005) o SBR e a borracha de estireno-acrilato são emulsões de látex utilizadas para regular as propriedades mecânicas e o transporte da argamassa de cimento. Eles citam que a relação A/C, a densidade, resistência à compressão e à flexão das argamassas alteradas com látex aumentam quando adicionada uma mínima emulsão SBR (aproximadamente até 4-5%), entretanto, com o aumento da relação polímero/cimento as resistências à compressão e à flexão diminuem.

Barluenga *et al.*, (2004) e Wang *et al.*, (2006), relataram que o SBR pode diminuir a necessidade de adição de água na argamassa de cimento, porém aumenta o teor de ar na mistura. Com o acréscimo do teor de látex, houve um aumento na resistência à compressão e à flexão, porém,



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE COMPARATIVA DO ADITIVO LÁTEX ESTIRENO BUTADIENO NO CONCRETO DE AGREGADO RECICLADO
Lucas Souza Araujo, Alex Silva, Jessica Araujo Suzart, Millena Santos Cardozo, Pedro Assunção, Leonardo Moraes Armesto

se o SBR for utilizado com uma relação A/C fixa, a resistência à compressão diminui consideravelmente, devido a entrada de ar em altas relações de látex.

6 A MELHORA DO FATOR ÁGUA/CIMENTO, DAS RESISTÊNCIAS À COMPRESSÃO E TRAÇÃO, TRABALHABILIDADE E TEMPO DE PEGA DO CONCRETO COM A UTILIZAÇÃO DO LÁTEX ESTIRENO BUTADIENO COMO ADITIVO

Para Walters (1988), uma co-matriz que une os agregados é formada com o látex e o cimento. Esta co-matriz aponta uma maior eficácia no preenchimento de microfissuras em relação à mistura sem polímero, tendo uma maior resistência mecânica no concreto. Ela aumenta a aderência entre os agregados na mistura e a aderência entre a mistura e os demais substratos.

De acordo com ACI (2003), o concreto modificado com látex é mais suscetível a ter fissuras por retração plástica comparado com concretos não modificados. O fenômeno de retração por secagem é causado pela evaporação de água na superfície do elemento. Alguns cuidados devem ser tomados para que não ocorra evaporação através da utilização de sistemas de cobrimento (por exemplo, proteção da superfície exposta). A mistura entre os concretos modificados com látex pode preencher os microporos e cavidades presentes em matrizes de cimento Portland, com filmes poliméricos que se formam durante a cura.

Walters (1988) relata que é essencial para o preparo do concreto modificado com látex que o tempo de mistura não ultrapasse 3 minutos. Este requisito elimina o uso de caminhões de mistura pronta normal; e para grandes trabalhos, exige o uso do misturador móvel mais caro. E é ideal que o nível de polímero esteja entre 10% e 20% sobre a massa de cimento. A adição do látex não tem uma melhora significativa de resistência à compressão.

Porém, Afrid *et al.*, (1995), obteve um ganho de resistência à compressão de 30 a 60% em relação ao CC, com adição do SBR variando de 10 a 30% da massa.

Em sua pesquisa, Soni *et al.*, (2014) obteve um aumento máximo da resistência à compressão de 20,95%, com teor de látex SBR de 15%, bem como o aumento máximo na resistência à flexão de 36,35%. Eles notaram também, que há um aumento na trabalhabilidade do concreto conforme o teor de polímero aumenta.

Nos testes feitos por Shete *et al.*, (2014) ele observou que na idade de 7 dias, a resistência à compressão do concreto é reduzida pela adição do SBR, porém, na idade de 28 dias ela aumenta. Uma comparação feita com o CC, demonstra que houve um aumento de 14% com a adição de 20% de SBR. Em relação à resistência à tração, Afrid *et al.*, (1995) constatou que os concretos modificados com SBR aumentaram essa resistência, obtendo ganhos de até 100% em relação ao CC. De acordo com o ACI (2003) o concreto modificado com SBR não tem um aumento na retração por secagem, porém eles são mais propensos à retração inicial quando a sua cura não é eficiente.

Shete *et al.*, (2014) afirma que a adição do SBR no concreto pode reduzir a entrada de água no mesmo. Porém, quando o concreto for rico em cimento, deve-se ajustar a dosagem do SBR para que a trabalhabilidade do concreto se mantenha em limites controlados, evitando o concreto altamente fluido. Nos 28 dias de idade, o SBR contribuiu para a redução da absorção de água, entretanto, quando



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE COMPARATIVA DO ADITIVO LÁTEX ESTIRENO BUTADIENO NO CONCRETO DE AGREGADO RECICLADO
Lucas Souza Araujo, Alex Silva, Jessica Araujo Suzart, Millena Santos Cardozo, Pedro Assunção, Leonardo Moraes Armesto

a idade é de 7 dias, ele causa um aumento na absorção. O decréscimo máximo de absorção de água no concreto com SBR foi de 44%, utilizando 20% de SBR.

Como afirma o ACI (2003) o tempo de pega em concretos modificados com polímeros é praticamente o mesmo ou levemente maior que o dos CC, porém, existe restrição quanto ao tempo de aplicação dos concretos modificados com látex, essa restrição ocorre em poucos minutos pela secagem da superfície, quando o látex começa a formar membrana (coalescer). O tempo para formação destas membranas depende das condições de secagem, isto é, temperatura, umidade do ar e velocidade do vento. Geralmente, o tempo disponível para trabalhar com material é de quinze a trinta minutos após mistura e exposição ao ambiente.

Segundo as pesquisas de RAY *et al.*, (1994) o concreto quando adicionado o SBR tem seu módulo de elasticidade menor que o CC.

A tabela 2. apresenta dados fornecidos por autores, em ensaios utilizando SBR em concretos convencionais.

Tabela 2: Porcentagem de resistência a compressão obtida por autores

	Shete <i>et al.</i> (2014)	Shete <i>et al.</i> (2014)	Soni <i>et al.</i> (2014)	Soni <i>et al.</i> (2014)	Wang <i>et al.</i> (2016)	Wang <i>et al.</i> (2016)	Wang <i>et al.</i> (2016)
Agregado	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN
A/C	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Latex (%)	10	15	10	15	10	15	20
Melhora da resistência a compressão (%)	2,86	8,57	19,66	20,84	-21,67	-25,83	-31,33

Fonte: própria autoria

Com base na apresentação de resultados obtidos pelos autores que aplicaram o SBR como aditivo em AN, existe a possibilidade do uso do SBR em concretos produzidos com agregado reciclado, podendo obter uma melhora na resistência à compressão e diminuição na relação A/C.

CONSIDERAÇÕES

O trabalho descrito foi conduzido para analisar as características do concreto produzido com agregado reciclado, tendo como objetivo viabilizar a maior utilização dele na construção civil, adicionando-se o látex estireno butadieno. Encontramos com facilidade artigos científicos e estudos relacionados ao uso do agregado reciclado no concreto, porém, uma das maiores dificuldades foi encontrar artigos que abordassem o uso do látex no agregado reciclado, encontrando apenas estudos com o uso do látex no concreto com agregado natural.

Tendo em vista os resultados encontrados nas pesquisas e normas, foi analisado a possibilidade de realização de ensaios adicionando o látex estireno butadieno como aditivo no concreto de agregado reciclado, para assim verificar a relação água/cimento, a trabalhabilidade, a absorção de água e as resistências à compressão e à tração.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE COMPARATIVA DO ADITIVO LÁTEX ESTIRENO BUTADIENO NO CONCRETO DE AGREGADO RECICLADO
Lucas Souza Araujo, Alex Silva, Jessica Araujo Suzart, Millena Santos Cardozo, Pedro Assunção, Leonardo Moraes Armesto

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 15116:2021 Agregados Reciclados para uso em argamassas e concretos de cimentos Portland - Requisitos e métodos de ensaios**. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ABNT. **NBR 6118:2014 Projeto de estrutura de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ABNT. **NBR 7222:2011 Argamassa e concreto- Determinação da resistência à tração por diametral de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ABNT. **NBR NM 248:2003 Agregados - Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ACI. **548.1R-09 Guide for the Use of Polymers in Concrete**. Michigan: ACI, 2003. Disponível: <https://betonzist.ir/wp-content/uploads/2020/02/ACI-548.1R-09-Guide-for-the-Use-of-Polymers-in-Concrete.pdf>. Acesso em: 16 maio 2022

ACI. **548.3R-03 Polymer-Modified Concrete**. Michigan: ACI, 2003. Disponível: http://civilwares.free.fr/ACI/MCP04/5483r_03.PDF. Acesso em: 15 maio 2022

AFRIDI, M. U. K.; OHAMA, Y.; ZAFAR IQBAL, M.; DEMURA, K. Water retention and adhesion of powdered and aqueous polymer-modified mortars. **Cement & Concrete Composites**, v. 17, p. 113-118, 1995. Disponível: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095894659500007Y>. Acesso em: 30 mar. 2022.

ARUN, A.; DSVSMRK, C.; MURALI, K. Comparative analysis on natural and recycled coarse aggregate concrete. **Materials Today: Proceedings**, v. 46, p. 8837-8841, 2021. Disponível: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785321032727>. Acesso em: 03 mar. 2022.

ASSAAD, J. J. Development and use of polymer-modified cement for adhesive and repair applications. **Construction and Building Materials**, n. 163, p. 139–148, 2018. Disponível: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061817325084>. Acesso em: 10 abr. 2022.

BARLUENGA, G.; HERNÁNDEZ-OLIVARES, F. SBR latex modified mortar rheology and mechanical behaviour. **Cement and Concrete Research**, v. 34, p. 527 - 535, 2004. Disponível: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0008884603003247>. Acesso em: 13 abr. 2022.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº307, de 05 de junho de 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos da construção civil. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2002.

CANTERO, B; SÁEZ DEL BOSQUE, I.F; MATÍAS, A; MEDINA, C. Statistically significant effects of mixed recycled aggregate on the physical-mechanical properties of structural concretes. **Construction and Building Materials**, v. 185, p. 93-101, 2018. Disponível: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061818317331>. Acesso em: 10 abr. 2022

CONTRERAS, M.; TEXEIRA, S. R.; LUCAS, M. C.; LIMA, L. C. N.; CARDOSO, D. S. L.; DA SILVA, G. A. C.; GREGÓRIO, G. C.; DE SOUZA, A. E.; DOS SANTOS, A. Recycling of construction and demolition waste for producing new construction material (Brazil case-study). **Construction and Building Materials**, v. 123, p. 594-600, 2016. Disponível: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061816311448>. Acesso em: 12 maio 2022.

DHIR, R. K.; BRITO, J.; SILVA, R. V.; LYE, C. Q. 7 - Fresh Concrete Properties. **Sustainable Construction Materials**, p. 181-218, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081009857000078>. Acesso em: 20 abr. 2022.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE COMPARATIVA DO ADITIVO LÁTEX ESTIRENO BUTADIENO NO CONCRETO DE AGREGADO RECICLADO
Lucas Souza Araujo, Alex Silva, Jessica Araujo Suzart, Millena Santos Cardozo, Pedro Assunção, Leonardo Moraes Armesto

ELHAKAM, A. A.; MOHAMED, A. E.; AWAD, E. Influence of self-healing, mixing method and adding silica fume on mechanical properties of recycled aggregates concrete. **Construction and Building Materials**, p. 421-427, 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061812002152>. Acesso em: 11 abr. 2022.

EREN, F.; GÖDEK, E.; KESKINATEŞ, M.; TOSUN-FELEKOĞLU, K.; FELEKOĞLU, B. Effects of latex modification on fresh state consistency, short term strength and long term transport properties of cement mortars. **Construction and Building Materials**, v. 133, p. 226 - 233, 2017. Disponível: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061816320062>. Acesso em: 20 abr. 2022.

ETXEBERRIA, M.; GONZALEZ-COROMINAS, A. Properties of high performance concrete made with recycled fine ceramic and coarse mixed aggregates. **Construction and Building Materials**, v. 68, p. 618-626, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061814007314>. Acesso em: 20 mar. 2022.

ETXEBERRIA, M.; VÁZQUEZ, E.; MARÍ, A.; BARRA, M. Influence of amount of recycled coarse aggregates and production process on properties of recycled aggregate concrete. **Cement and Concrete Research**, Barcelona, v. 37, n. 5, p. 735-742, 2007. Disponível: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0008884607000415>. Acesso em: 20 mar. 2022.

GHORBANI, S.; SHARIFI, S.; TAM, V. W. Y.; BRITO, J.; KURDA, R. Effect of crushed concrete waste's maximum size as partial replacement of natural coarse aggregate on the mechanical and durability properties of concrete. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 149, p. 664-673, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344919302915>. Acesso em: 17 mar. 2022.

HANSEN, T. C. Recycled Aggregates and Recycled aggregate concrete second state-of-the-art-report developments 1945-1985. **Rilen Technical Committee - 37 DRC**, v. 19, p. 201-246, 1986. Disponível: <https://sci-hub.se/http://dx.doi.org/10.1007/BF02472036>. Acesso em: 19 maio 2022.

JOHN, V. M.; ANGULO, S. C.; MIRANDA, L.; AGOPYAN, V.; VASCONCELLOS, F. Strategies for innovation in construction waste management in Brazil. **CIB World Building Congress 2004**, 2004. Disponível: <https://www.researchgate.net/publication/239595433>. Acesso em: 05 abr. 2022.

LI, L.; WANG, R.; LU, Q. Y. Influence of polymer latex on the setting time, mechanical properties and durability of calcium sulfoaluminate cement mortar. **Construction and Building Materials**, v. 169, p. 911-922, 2018. Disponível: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061818304847>. Acesso em: 17 abr. 2022.

LIMBACHIYA, M.; MEDDAH, M. S.; OUCHAGOUR, Y. Use of recycled concrete aggregate in fly-ash concrete. **Construction and Building Materials**, v. 27, p. 439-449, 2012. Disponível: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061811003771>. Acesso em: 06 abr. 2022

MARTÍNEZ, I.; ETXEBERRIA, M.; PAVÓN, E.; DÍAZ, N. Influence of Demolition Waste Fine Particles on the Properties. **International Journal of Civil Engineering**, 2018. Disponível: <https://sci-hub.se/10.1007/s40999-017-0280-x>. Acesso em: 20 mar. 2022.

PEPE, M.; KOENDERS, E. A. B.; FAELLA, C.; MARTINELLI, E. Structural concrete made with recycled aggregates: Hydration process and compressive strength models. **Mechanics Research Communications**, v. 58, p. 139-145, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0093641314000111>. Acesso em: 27 abr. 2022.

RAMLI, M.; TABASSI, A. A.; HOE, K. W. Porosity, pore structure and water absorption of polymer-modified mortars: An experimental study under different curing conditions. **Composites: Part B**, v. 55, p. 221-233, 2013. Disponível: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1359836813003338>. Acesso em: 20 abr. 2022.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE COMPARATIVA DO ADITIVO LÁTEX ESTIRENO BUTADIENO NO CONCRETO DE AGREGADO RECICLADO
Lucas Souza Araujo, Alex Silva, Jessica Araujo Suzart, Millena Santos Cardozo, Pedro Assunção, Leonardo Moraes Armesto

RAVINDRARAJAH, R. S.; TAM, C. T. Recycling concrete as fine aggregate in concrete. **International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete**, v. 9, p. 235-241, 1987. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0262507587900078>. Acesso em: 02 maio 2022.

RAY, I.; GUPTA, A. P.; BISWAS, M. Effect of latex and superplasticiser on portland cement mortar in the fresh state. **Cement & Concrete Composites**, v. 16, p. 309-316, 1994. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0958946594900434>. Acesso em: 10 abr. 2022.

REVILLA-CUESTA, V.; SKAF, M.; FALESCHINI, F.; MANSO, J. M.; ORTEGA-LOPEZ, V. Self-compacting concrete manufactured with recycled concrete aggregate: An overview. **Journal of Cleaner Production**, v. 262, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620314098>. Acesso em: 09 abr. 2022.

SALGADO, F.; SILVA, F. Propriedades de agregados reciclados de diferentes composições e sua influência na resistência do concreto. **Revista IBRACON de Estruturas Materiais**, v. 14, 2021. Disponível em: http://old.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S198341952021000600207&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 18 mar. 2022.

SCHEIFER, D. M.; CALLEJAS, I. J. A. Caracterização física e mecânica de blocos de concreto com incorporação de areia de resíduo de construção civil. **Revista Matéria**, v. 26, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/rmat/a/7GSpds4kzSk75tTZZ5KwMpr/?lang=pt>. Acesso em: 02 abr. 2022.

SHETE, G. N.; UPASE, K. S. Evaluation of Compressive Strength and Water Absorption of Styrene Butadiene Rubber (SBR) Latex Modified Concrete. **International Journal of Emerging Trends in Science and Technology**, v. 1, p. 1404-1410, 2014. Disponível em: <https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/150428.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2022.

SILVA, R. V.; BRITO, J.; DHIR, R. K. Performance of cementitious renderings and masonry mortars containing recycled aggregates from construction and demolition wastes. **Construction and Building Materials**, v. 105, p. 400-415, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061815308424>. Acesso em: 21 mar. 2022.

SONI, E. K.; JOSHI, Y. P. Performance Analysis of Styrene Butadiene Rubber-Latex on Cement Concrete Mixes. **Journal of Engineering Research and Applications**, v. 4, p. 838-844, 2014. Disponível em: https://www.ijera.com/papers/Vol4_issue3/Version%201/EM4301838844.pdf. Acesso em: 18 abr. 2022.

ULSEN, C.; KAHN, H.; ANGULO, S. C.; JOHN, V. M. Composição química de agregados mistos de resíduos de construção e demolição do Estado de São Paulo. **Revista Escola de Minas**, v. 63, p. 339-346, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/ijrem/a/4WDK9nPXDzVB8GKqjrpcNcM/?lang=pt&format=html#>. Acesso em: 25 abr. 2022.

WALTERS, D. G. Latex Hydraulic Cement Additives. **Transportation Research Record**, v. 1204, p. 71-76, 1988. Disponível em: <https://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/trr/1988/1204/1204-010.pdf>. Acesso em: 15 maio 2022.

WANG, M.; WANG, R.; YAO, H.; FARHAN, S.; ZHENG, S.; WANG, Z.; DU, C.; JIANG, H. Research on the mechanism of polymer latex modified cement. **Construction and Building Materials**, v. 111, p. 710-718, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061816301763>. Acesso em: 20 abr. 2022.

WANG, R.; LI, X. G.; WANG, P. M. Influence of polymer on cement hydration in SBR-modified cement pastes. **Cement and Concrete Research**, v. 36, p. 1744-1751, 2006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0008884606001529>. Acesso em: 17 abr. 2022.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

ANÁLISE COMPARATIVA DO ADITIVO LÁTEX ESTIRENO BUTADIENO NO CONCRETO DE AGREGADO RECICLADO
Lucas Souza Araujo, Alex Silva, Jessica Araujo Suzart, Millena Santos Cardozo, Pedro Assunção, Leonardo Moraes Armesto

WANG, R.; WANG, P. M.; LI, X. G. Physical and mechanical properties of styrene–butadiene rubber emulsion modified cement mortars. **Cement and Concrete Research**, v. 35, p. 900-906, 2005. Disponível: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0008884604003138>. Acesso em: 20 mar. 2022.

YAPRAK, H. I.; ARUNTAŞ, H.; DEMIR, I.; SIMSEK, O.; DURMUŞ, G. Effects of the fine recycled concrete aggregates on the concrete properties. **International Journal of Physical Sciences**, v. 6, n. 10, p. 2455-2461, 2011. Disponível: https://www.researchgate.net/publication/285804824_Effects_of_the_fine_recycled_concrete_aggregates_on_the_concrete_properties. Acesso em: 18 abr. 2022.