



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA, COMÉRCIO E SERVIÇOS
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

CARTA PATENTE Nº BR 102017027894-8

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

(21) Número do Depósito: BR 102017027894-8

(22) Data do Depósito: 22/12/2017

(43) Data da Publicação Nacional: 09/07/2019

(51) Classificação Internacional: C04B 28/04; C04B 18/14; C04B 38/00; C04B 5/00; C09K 103/00.

(52) Classificação CPC: C04B 28/04; C04B 18/142; C04B 38/0051; C04B 5/00; C09K 2103/00.

(54) Título: CONCRETO AUTOADENSÁVEL LEVE COM AGREGADOS RECICLADOS

(73) Titular: UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS, Instituição de Ensino e Pesquisa. CGC/CPF: 24464109000148. Endereço: AV. LOURIVAL MELO MOTA, S/N, TABULEIRO DO MARTINS, MACEIÓ, AL, BRASIL(BR), 57072-970, Brasileira

(72) Inventor: PAULO CÉSAR CORREIA GOMES; SÍLVIA BEATRIZ BEGER UCHÔA; KAROLINE ALVES DE MELO MORAES; TASSYANO FEITOSA DE AMORIM; PRISCILA DUARTE DE OLIVEIRA; RAÍSA OLIVEIRA DE MELO; NATÁLIA VIEIRA DA SILVA; JOSÉ WILSON DOS SANTOS; LUCAS OLIVEIRA CORREIA SILVA.

Prazo de Validade: 20 (vinte) anos contados a partir de 22/12/2017, observadas as condições legais

Expedida em: 16/09/2025

Assinado digitalmente por:

Alexandre Dantas Rodrigues

Diretor de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos Integrados

RELATÓRIO DESCRITIVO DA PATENTE DE INVENÇÃO “**CONCRETO AUTOADENSÁVEL LEVE COM AGREGADOS RECICLADOS**”

OBJETO DA PATENTE DE INVENÇÃO

[001] A presente patente de invenção trata de uma composição de materiais para a confecção de concreto autoadensável leve com agregado reciclado, denominado de CALAR. O CALAR foi desenvolvido para aplicação em painéis de vedação ou outras peças, pré-moldadas ou não, sem fins estruturais. O agregado reciclado utilizado é classificado como Classe A (BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução nº 307** de 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>. Acesso em: março 2017), oriundo de demolição de edificações e de pré-moldados ou pré-fabricados, como blocos de concreto, bem como corpos de prova de concreto moldados para a realização de controle tecnológico, entre outros. A busca de sustentabilidade fez com que a produção deste tipo de concreto fosse otimizada e fossem incorporados resíduos em sua composição.

PROBLEMA QUE A PATENTE SE PROPOE A RESOLVER

[002] O uso de concreto leve em peças pré-moldadas ou pré-fabricadas já é uma tecnologia amplamente difundida e empregada, tanto para construções residenciais, como para construções industriais (FONSECA, A. Montagem Concreta. **Téchne**, São Paulo, n. 155, p. 44-48, fev. 2010; ROSSIGNOLO, J. A. **Concreto leve estrutural**: produção, propriedades, microestrutura e aplicações. São Paulo: Pini, 2009; MASSUDA e MISURELLI. **Como construir Parede de concreto**. Engemix, 2009; GETHAL. **Sistema gethal** - manual de procedimentos para execução de paredes. Goiânia, FURNAS, 2003; LAWRENCE, K.; LORSLEEM, A. C. J.; BARROS, M. M. B. A influência do teor de fibras e de cimento nas características do concreto celular espumoso para emprego em vedações verticais de edifícios. In: Congresso Latino-Americano -

Soluções para o Terceiro Milênio, 1998, São Paulo. **Anais...** Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - USP, novembro 1998).

[003] O concreto leve pode ser obtido através do uso de agregados leves e/ou com o uso de incorporadores de ar, ou ainda sem finos (ROSSIGNOLO, J. A. **Concreto leve estrutural:** produção, propriedades, microestrutura e aplicações. São Paulo: Pini, 2009).

[004] Atualmente, busca-se a obtenção de materiais sustentáveis para aplicação no setor de construção civil, considerado um setor gerador de resíduos, mas que também pode apropriar-se destes, agregando valor na forma de um produto reciclado. Encontra-se descrita na literatura a utilização de diversos resíduos incorporados às misturas de concreto leve de cimento Portland, tais como: resíduos de construção civil, vidro de embalagens moído, borracha de pneus, de beneficiamento de rochas ornamentais, pedaços de poliestireno expandido (EPS), entre outros (UCHOA, S. B. B., TONHOLO, J., ARRUDA, T. H. de S., GOMES, P. C. C., MORAES, K. A. de M. **Prospecção tecnológica: painéis de vedação utilizando concreto leve e materiais reciclados. Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 8, n. 4, 2015). Em relação a uma composição de concreto leve utilizando resíduos e com características de autoadensabilidade, de forma concomitante, não foi encontrada nenhuma referência.

[005] Visando a facilidade de preenchimento das formas e aliando a incorporação de resíduos com vistas à sustentabilidade, a presente invenção propõe uma mistura para concreto autoadensável leve utilizando agregados reciclados de concreto, originados de blocos vazados de concreto seco. Esses agregados reciclados se apresentam com uma estrutura interna e superficial bem mais porosa do que a dos agregados reciclados de concreto convencional.

CAMPO DE ATUAÇÃO

[006] A presente patente de invenção é voltada para a área da construção civil, mais especificamente na obtenção de uma mistura cimentícia com as características de um concreto autoadensável leve com agregados reciclados

de concreto (CALAR) destinado à confecção de painéis de vedação ou de outras peças, sem fins estruturais, para uso na construção de habitações ou de outros edifícios.

ESTADO DA TÉCNICA

[007] A utilização de concretos leves já se encontra estabelecida na técnica de construção, podendo ser obtido pela substituição dos agregados convencionais por agregados leves, pelo uso de aditivo incorporador de ar (concreto celular) ou ainda na forma de concretos sem finos (ROSSIGNOLO, J. A. **Concreto leve estrutural**: produção, propriedades, microestrutura e aplicações. São Paulo: Pini, 2009). Para ser considerado leve, o concreto deve apresentar uma massa específica seca inferior a 2000 kg/m³ (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655**: Concreto de cimento Portland – preparo, controle e recebimento – procedimento. Rio de Janeiro, 2006; **CEB-FIP MODEL CODE 1990**. Design Code. Thomas Telford: 1990; ISAIA, G. C. (ed.) **Concreto**: Ensino, Pesquisa e Realizações. v. 1. São Paulo: IBRACON, 2005). Dentre outras vantagens, os concretos leves beneficiam as estruturas pelo menor peso dos elementos construtivos, diminuindo as cargas atuantes, e pela baixa condutividade térmica, reduzindo a absorção e a transferência de calor (ROSSIGNOLO, J. A. **Concreto leve estrutural**: produção, propriedades, microestrutura e aplicações. São Paulo: Pini, 2009).

[008] Os concretos autoadensáveis foram desenvolvidos na década de 80 e representam um grande avanço tecnológico do concreto no estado fresco, garantindo a capacidade do concreto de preencher, fluir e se autoadensar nas fôrmas pela ação de seu próprio peso, sem o uso de equipamentos de vibração (OZAWA, K.; MAEKAWA, K.; OKAMURA, H. High Performance Concrete With High Filling Capacity. In: RILEM INTERNATIONAL SYMPOSIUM on Admixtures for Concrete: Improvement of properties, E. Vázquez (editor), pp. 51-63, 1990, Barcelona. **Proceedings...** Barcelona, 1990.; OKAMURA, H. Self-compacting High-performance concrete. **Concrete International**, v.19, n.7, p.50-54, 1997). Este concreto utiliza aditivos químicos e/ou adições minerais

para modificar as características reológicas da mistura, além de uma dosagem criteriosa dos componentes (KHAYAT, K. H.; GUIZANI, Z. Use of Viscosity-Modifying Admixture to Enhance Stability of Fluid Concrete. **ACI Materials Journal**, v. 94, n. 4, pp. 332-340; GOMES, P. C. C. **Optimization and characterization of high-strength self-compacting concrete**. 2002. Tese - Escola Tècnica Superior D'Enginyers de Camins, Universitat Politècnica de Catalunya, Catalúnya, 2002; TUTIKIAN, B. F.; HELENE, P. **Dosagem dos concretos de cimento Portland**. São Paulo: IBRACON, 2011).

[009] Concretos com agregados reciclados tem sido pesquisados e utilizados em vários países desde o final da 2ª guerra mundial (BUTTLER, A. M. **Concreto com agregados graúdos reciclados de concreto**: influência da idade de reciclagem nas propriedades dos agregados e concretos reciclados. 2003. Tese – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003; HANSEN, B. E. Tests for parameter instability in regressions with I(1) processes. **Journal of Business e Economics Statistics**, v. 10, n. 3. Rochester, July 1992), mesmo com algumas restrições para utilização em concretos estruturais (NIXON, P. J. Recycled concrete as an aggregate for concrete: a review. **Materials and Structures**, v. 65, n. 11, p. 371-378.1978; XIAO J.; TAWANA M.; HUANG X. Review of studies on structural performance of recycled aggregate concrete in China. **Sci China Ser E**, v. 55, p.2727-2739, 2012; VAZQUEZ E. R. et al. **Progress of Recycling in the Built Environment**. Final report of the RILEM Technical Committee 217-PRE (Org.). 1ed. Dorchert, Heidelberg, New York: Springer. 2013; BELIN P.; HABERT G.; THIERY M.; ROUSSEL N. Cement paste content and water absorption of recycled concrete coarse aggregates. **Materials and Structures**, v. 47, p. 1451-1465. DOI 10.1617/s11527-013-0128-z. 2014). Os agregados reciclados apresentam propriedades inferiores em relação aos agregados convencionais devido, principalmente, à sua maior porosidade (SOBERÓN J. M. V. G. Porosity of recycled concrete with substitution of recycled concrete aggregate An experimental study. **Cement and Concrete Research**, v. 32, p. 1301-1311. 2002; BUYLE-BODIN F,

HADJIEVA-ZAHARIEVA R. Influence of industrially produced recycled aggregates on flow properties of concrete. **Materials and Structures**, v. 35, p. 504-509. 2002; POON, C. S. et al. Influence of moisture states of natural and recycled aggregates on the slump and compressive strength of concrete. **Cement and Concrete Research**, n. 34, 31-36, 2004; TENÓRIO J. J. L., GOMES P. C. C., RODRIGUES, C. C.; ALENCAR, T. F. F. Concrete produced with recycled aggregates, **Revista RIEM**, v. 5, n. 5, p. 692-701, Oct 2012; BELIN P.; HABERT G.; THIERY M.; ROUSSEL N. Cement paste content and water absorption of recycled concrete coarse aggregates. **Materials and Structures**, v. 47, p. 1451-1465. DOI 10.1617/s11527-013-0128-z. 2014). Devido a essa porosidade, a massa específica destes agregados é menor, permitindo a obtenção de um concreto com menor densidade, em relação aos concretos obtidos com agregados naturais, além de ser um material provindo de resíduos gerados na cadeia da construção civil.

[010] O uso de agregados reciclados nas composições de misturas para concretos convencionais, concretos autoadensáveis e concretos leves tem sido encontrado na literatura (PAULA, L. S. **Utilização de resíduos de eva como agregado graúdo em concretos**. 2011. Monografia – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011; SILVA, R. V.; BRITO, J.; DHIR, R. K. Properties and composition of recycled aggregates from construction and demolition waste suitable for concrete production. **Construction and Building Materials**. v. 65, p. 201-2017, 2014; CAMPOS, R. S. **Concreto autoadensável produzido com resíduos de construção e demolição: propriedades mecânicas e reológicas**. 2017. Tese – PUC Campinas, Campinas, 2017). Com isso, busca-se a sustentabilidade do concreto, visando reduzir o uso de recursos naturais, diminuir o impacto ambiental pelo descarte indevido de resíduos, agregando valores à fração mineral dos resíduos da cadeia da construção civil e criando novas frentes de trabalho.

DESCRIÇÃO DA TÉCNICA

[011] A mistura objeto desse documento de patente compreende um concreto autoadensável leve (CALAR) utilizando agregado reciclado obtido de resíduos de blocos de concreto, nas proporções da tabela 1. A sequência preferencial de mistura dos materiais é apresentada na tabela 3.

Tabela 1 - Composição do CALAR em massa ou porcentagem dos materiais

Material	Composição por m³ de concreto
Cimento Portland	350 a 450 Kg
Agregado miúdo reciclado	950 a 1050 Kg
Agregado graúdo reciclado	650 a 700 Kg
Aditivo superplastificante	0,10% a 0,14% da massa de cimento (teor de sólidos)
Aditivo incorporador de ar	0,1% a 0,3% da massa de cimento (solução)
Aditivo modificador de viscosidade	0,4 a 0,6% da massa de cimento (solução)
Água	175 a 225 L

Fonte: autores, 2017.

[012] O cimento Portland utilizado pode ser qualquer um dos tipos CP I a CP V, preferencialmente os dos tipos CP II E 32 e CP II Z 32, classificação essa segundo as normas da ABNT.

[013] A areia foi substituída totalmente pelo agregado reciclado miúdo, bem como o agregado graúdo. Esses agregados devem ser previamente umedecidos com água referente à sua absorção. Além disso, parte da água de amassamento pode ser acrescida para que os agregados apresentem uma superfície com aparência molhada, sem acúmulo de água no recipiente que os contem.

[014] Foram utilizados aditivos para a obtenção das características de leveza e de autoadensabilidade. Nos exemplos apresentados são mostrados desde a obtenção dos agregados reciclados até os resultados de propriedades dos concretos obtidos.

EXEMPLO 1

[015] Nesse exemplo é apresentada uma das formas preferenciais da mistura de concreto, desde a dosagem dos materiais, até o processo de produção, enfatizando as mudanças devido ao uso de um agregado reciclado.

Obtenção do CALAR

Materiais

[016] A composição do CALAR compreende cimento Portland, agregados reciclados, aditivos químicos e água. No desenvolvimento da mistura para o CALAR usou-se cimento Portland composto com adições de pozolana ou escória de alto forno. Os agregados reciclados utilizados foram obtidos pela fragmentação de resíduo oriundo de blocos de concreto, através de um processo de cominuição por compressão. O equipamento de cominuição foi ajustado para fabricação de agregados com dimensões abaixo de 12,5 mm (diâmetro máximo do agregado reciclado), diâmetro esse recomendado para uso em concreto autoadensável (CAA). Pelo processo de peneiramento foram separados os agregados reciclados graúdos (ARG) com diâmetros entre 12,5 mm a 4,75 mm e agregados reciclados miúdos (ARM) com diâmetros abaixo de 4,75 mm. Os aditivos químicos utilizados foram: superplastificante base química éter policarboxílico, para alcançar a fluidez do concreto (característica do CAA); incorporador de ar base sal de álcool graxo etoxilado sulfatado, para alcançar a leveza do concreto; e modificador de viscosidade base poliálcool, para garantir estabilidade à mistura, evitando a exsudação excessiva e a segregação.

Dosagem dos materiais

[017] A dosagem dos aditivos foi determinada em misturas de argamassa (cimento, ARM e água). A dosagem de cada aditivo foi a adequada para garantir à mistura alta fluidez (superplastificante), menor massa específica aparente no estado fresco (incorporador de ar) e estabilidade sem segregação (modificador de viscosidade). A composição dos agregados ARG e ARM em percentagem foi determinada pela maior massa unitária (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.

NBR NM 45: Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006), resultando em 50% ARG 50% ARM, e o volume de pasta adotado foi de 40%. Na mistura de concreto (argamassa + ARG) as dosagens dos aditivos foram ajustadas. A dosagem obtida é apresentada na tabela 02.

Tabela 2 - Dosagem preferencial do CALAR								
a/c	Traço (massa)	cimento	AMR	AGR	Água	Aditivos		
		Composição em massa (kg/m3)				SP (%)	IA (%)	MV (%)
						SP/C	SP/C	MV/C
						Sólidos	Solução	Solução
0,5	1 : 2,51 : 1,67	400	1004	670	200	0,12	0,2	0,5

Produção do concreto

[018] Na produção, devido à absorção de água dos agregados reciclados, foi realizada uma pré molhagem tanto do agregado graúdo quanto do miúdo, saturando seus poros e evitando que eles absorvessem parte da pasta da mistura. Essa saturação foi feita antes do procedimento de mistura, sendo usados: água de absorção + 17% da água de amassamento para o agregado graúdo e água de absorção + 15% de água de amassamento para o agregado miúdo reciclado, preferencialmente.

[019] No presente exemplo, o agregado graúdo somente foi acrescido no fim do processo de mistura, para evitar quebras e consequentes alterações na composição dos agregados graúdo e miúdo do concreto.

[020] O procedimento de mistura adotado para a produção do CALAR segue a sequência das linhas da tabela 3, totalizando 13 minutos, desde o início da colocação de água e do agregado miúdo.

Tabela 3 - Sequência de processos para a mistura			
Procedimento para mistura	Tempo(min)		
	Parado	Mistura	Acumulado
1-Agregado miúdo + água de absorção + 15% da	-	1	1

água de amassamento			
2-Colocação do cimento	0,5	-	1,5
3-Mistura		1	
4- Limpeza + água de amassamento	0,5		3
5- Mistura		1	4
6-Limpeza	0,5		4,5
7-Colocação do incorporador de ar		2,5	7
8-Limpeza + colocação do superplastificante	0,5		7,5
9-Mistura		2	9,5
10-Colocação do modificador de viscosidade		1,5	11
11-Colocação do agregado graúdo + 17% da água de amassamento	1		12
12-Mistura		1	13

Resultados dos ensaios com a mistura

Estado Fresco

[021] Os ensaios que permitem enquadrar o CALAR como concreto autoadensável leve no estado fresco foram os testes de funil V (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15823-5:** Concreto autoadensável - Parte 5: Determinação da viscosidade - Método do funil V. Rio de Janeiro, 2010) com resultado de 2,3 segundos; Caixa L (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15823-4:** Concreto autoadensável - Parte 4: Determinação da habilidade passante - Método da caixa L, Rio de Janeiro, 2010) com valor de 0,8 (adimensional); slump flow (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15823-2:** Concreto auto-adensável - Parte 2: Determinação do espalhamento e do tempo de escoamento - Método do cone de Abrams. Rio de Janeiro, 2010) com resultado de 66,5 cm e densidade da massa aparente (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12644:** Concreto celular espumoso - Determinação da densidade de massa aparente no estado fresco - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2014) com 1.811,18 kg/m³. Segundo a

aplicação sugerida pela NBR 15823-1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15823-1**: Concreto auto-adensável - Parte 1: Classificação, controle e aceitação no estado fresco. Rio de Janeiro, 2010) os resultados obtidos são adequados para a maioria das aplicações correntes. Elementos estruturais com espaçamentos de abertura de 60 mm a 80 mm, por exemplo vigas, pilares, tirantes e indústrias de pré-moldados.

Estado Endurecido

[022] Devido ao uso de agregados reciclados (agregados mais leves, com maior absorção e porosidade), o concreto apresentou elevados valores de absorção de água e de índice de vazios: 13,21 % e 22,48 %, respectivamente (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2009). Entretanto, estes agregados proporcionaram um concreto de menor massa específica: 1701,98 kg/m³ (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2009), classificado como concreto leve pela ABNT NBR 12655 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655**: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento. Rio de Janeiro, 2015). As propriedades mecânicas observadas foram resistência à compressão, resistência à tração e módulo de elasticidade, cujos valores apresentados aos 28 dias foram: 12,35/0,96 MPa (média / desvio Padrão), 1,95/0,29 MPa (média / desvio Padrão) e 9,60/1,50 GPa (média / desvio Padrão), respectivamente. A resistência à compressão deste concreto foi inferior ao limite especificado por norma que é de 20 MPa, segundo a ABNT NBR 8953 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8953**: Concreto para fins estruturais - Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro, 2015) para ser considerado concreto leve estrutural, podendo ser definido como concreto leve isolante ou de resistência

moderada. Assim, sua possível aplicação seria em elementos não estruturais, como painéis e blocos de vedação.

EXEMPLO 2

[023] AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DO CALAR EM PAINÉIS

[024] Com o intuito de avaliar o seu desempenho aplicado em painéis de vedação, sem fins estruturais, foram moldados painéis com dimensões de 100 cm de comprimento, 135 cm de altura e 10 cm de espessura. Os painéis foram moldados com uma armadura central de aço CA 50 com bitola de 8 mm. Também foi testada nesses painéis a autoadensabilidade do concreto, sendo este lançado em fôrmas colocadas nas posições horizontal e vertical.

[025] ENSAIO DE CORPO DURO

[026] Foram obtidos dois painéis, sendo um resultante do lançamento horizontal do concreto (H-CALAR) e outro do lançamento vertical (V-CALAR), e foi realizado o ensaio de corpo duro, cujo objetivo é reproduzir impactos de corpo duro simulando possíveis esforços que as peças sofrerão ao longo do tempo de uso. No caso de painéis, uma das faces é submetida aos impactos, sendo um total de 10 impactos em pontos ou seções representativas do elemento estudado. O ensaio foi realizado de acordo com as prescrições da NBR 15575-2 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-2:** Edificações habitacionais – Desempenho Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais. Rio de Janeiro, 2013). Sua aparelhagem é apresentada na NBR 11675 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11675:** Divisórias leves internas moduladas - Verificação da resistência aos impactos. Rio de Janeiro, 2016). De acordo com os resultados, o desempenho de cada painel foi classificado segundo a NBR 15575-4 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4:** Edificações habitacionais – Desempenho Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas. Rio de Janeiro, 2013), e os dados obtidos são mostrados na tabela 4.

Tabela 4 - Resultados obtidos no ensaio de corpo duro

Painel	Impacto (Região)	Energia (Joules)	Altura de Queda (m)	D _{méd} da Área desgastada (mm)	Profundidade das mossas (mm)	Região/ Média	Nível de desempenho NBR 15575-2/2013
V CALAR 2017	1	20	2,02	15,9	1,84	Superior Média: 1,65	Superior
	2			15,8	1,41		
	3			15,8	1,69		
	4			21,3	2,00	Central Média: 1,85	
	5			15,5	1,70		
	6			14,4	1,75		
	7			17,9	1,96	Inferior Média: 1,75	
	8			15,3	1,88		
	9			15,6	1,80		
	10			15,0	1,58		
H CALAR 2017	1	20	2,02	15,5	1,83	Superior Média: 1,46	Superior
	2			15,7	1,19		
	3			15,1	1,35		
	4			15,4	1,49	Central Média: 1,24	
	5			15,1	1,05		
	6			15,1	1,32		
	7			14,6	1,10	Inferior Média: 1,39	
	8			15,2	1,36		
	9			15,9	1,42		
	10			14,7	1,41		

[023] Os dois painéis apresentaram pequenos afundamentos, porém dentro do estabelecido pela norma para obtenção de desempenho classificado como superior (S). As profundidades das mossas dependem principalmente da porosidade da superfície do painel; regiões mais porosas apresentaram valores maiores de afundamento. Após os impactos, a deformação causada pelos mesmos foi analisada através das medidas da dimensão da mocha, com um paquímetro digital, e das suas profundidades, com um extensômetro.

[024] O atendimento à norma brasileira evidencia a possibilidade de utilização do CALAR em painéis de vedação destinados a construções residenciais ou comerciais.

[025] ESTANQUEIDADE

[026] Outro requisito constante na norma NBR 15575-4 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4:** Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas — SVVIE. Rio de Janeiro, 2013) consiste em verificar a estanqueidade do painel de vedação. Para esse ensaio foi utilizada uma câmara de estanqueidade desenvolvida durante a pesquisa e objeto de depósito de patente de modelo de utilidade (BR 20 2016 011862 5 APARATO PARA TESTE DE ESTANQUEIDADE À ÁGUA DE VEDAÇÕES VERTICAIS) depositado junto ao INPI em 25 de maio de 2016.

[027] No ensaio de estanqueidade realizado nos dois painéis (H-CALAR e V-CALAR, utilizou-se a pressão estática de 10 Pa, de acordo com o estabelecido pela NBR 15575-4 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4:** Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas — SVVIE. Rio de Janeiro, 2013) para a região I, referente ao local de realização do ensaio. Durante as 7 horas do ensaio, nenhuma mancha foi verificada nos dois painéis, atingindo assim um desempenho classificado como superior, de acordo com o Anexo F da norma citada.

[028] Dessa forma, tem-se como satisfatória a aplicação do concreto também sob o aspecto de estanqueidade à água.

A mistura se mostrou adequada para a aplicação proposta, apresentando as propriedades nos estados fresco e endurecido satisfatórias para o fim desejado, mostrando ser uma alternativa para a utilização de resíduos com finalidade que lhe agrega valor.

REIVINDICAÇÕES

1. Composição para concreto leve e autoadensável **caracterizada por** compreender cimento, agregado miúdo reciclado ARM, agregado graúdo reciclado ARG, água, aditivo superplastificante, aditivo incorporador de ar e aditivo modificador de viscosidade, na qual se tem as dosagens:
 - a- Cimento Portland, 350 a 450 Kg/m³ de concreto, preferencialmente 400 Kg/m³;
 - b- Agregado miúdo reciclado, 950 a 1050 Kg/m³ de concreto, preferencialmente 1004 Kg/m³;
 - c- Agregado graúdo reciclado, 650 a 700 Kg/m³ de concreto, preferencialmente 670 Kg/m³;
 - d- Aditivo superplastificante de base química éter policarboxílico, 0,10% a 0,14% da massa de cimento (em teor de sólidos), preferencialmente 0,12% da massa de cimento;
 - e- Aditivo incorporador de ar base sal de álcool graxo etoxilado sulfatado, 0,1% a 0,3% da massa de cimento (em solução), preferencialmente 0,2% da massa de cimento;
 - f- Aditivo modificador de viscosidade base poliálcool, 0,4 a 0,6% da massa de cimento (em solução), preferencialmente 0,5% da massa de cimento;
 - g- Água potável 175 a 225 l/m³, preferencialmente 200 l/m³.
2. Composição para concreto leve e autoadensável, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada pelo** fato do cimento ser selecionado entre os tipos CP I e CP V, preferencialmente os dos tipos CP II E 32 e CP II Z 32, segundo as normas da ABNT.
3. Composição para concreto leve e autoadensável, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada pela** substituição total dos agregados naturais por agregados reciclados oriundos de resíduos obtidos de peças de concreto, como lajes, pilares e vigas, preferencialmente de blocos de concreto.
4. Composição para concreto leve e autoadensável, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizada pelos** agregados reciclados serem obtidos pela fragmentação de resíduo oriundo de blocos de concreto, através de um processo

de cominuição por compressão, sendo o equipamento de cominuição (britador) ajustado para fabricação de agregados com dimensões abaixo de 12,5 mm (diâmetro máximo do agregado reciclado), diâmetro recomendado para uso em concreto autoadensável (CAA), sendo separados os agregados reciclados graúdos (ARG) com diâmetros entre 12,5 mm e 4,75 mm e agregados reciclados miúdos (ARM) com diâmetros entre 4,75 mm e 0,0075mm, por processo de peneiramento a seco, manual ou mecânico.

5. Composição para concreto leve e autoadensável, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada pelo** aditivo superplastificante ser de base química éter policarboxílico.

6. Composição para concreto leve e autoadensável, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada** pelo aditivo incorporador de ar ser base sal de álcool graxo etoxilado sulfatado.

7. Composição para concreto leve e autoadensável, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada pelo** aditivo modificador de viscosidade ser base poliálcool.

8. Composição para concreto leve e autoadensável, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizada por** apresentar propriedades no estado fresco que a caracterizem como concreto autoadensável segundo as normas ABNT:

a- teste de funil V (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15823-5: Concreto autoadensável – Parte 5: Determinação da viscosidade – Método do funil V. Rio de Janeiro, 2010) com concreto na classe VF1, com tempo < 9 segundos, preferencialmente 2,3 segundos;

b- teste da Caixa L (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15823-4: Concreto autoadensável – Parte 4: Determinação da habilidade passante – Método da caixa L, Rio de Janeiro, 2010) com concreto na classe PL1 ou classe PL2, com valor preferencialmente maior que 0,8;

c- slump flow (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15823-2: Concreto autoadensável – Parte 2: Determinação do espalhamento e do tempo de escoamento – Método do cone de Abrams. Rio de Janeiro, 2010) com concreto na classe SF2, com espalhamento entre 660 a 750 mm, preferencialmente

d- densidade da massa aparente (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12644: Concreto celular espumoso – Determinação da densidade de massa aparente no estado fresco– Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2014) com resultado abaixo de 2.000 kg/m³, preferencialmente 1811 kg/m³.

9. Processo de obtenção de concreto leve e autoadensável, conforme definido na reivindicação 1, **caracterizado pela** mistura seguir as etapas:

- a- realizar pré-molhagem tanto do agregado gráúdo quanto do miúdo, saturando seus poros por imersão em água por 24 horas em recipiente tampado utilizando: água de absorção, determinada segundo normas ABNT NBR 16917, acrescida de 17% da água de amassamento para o agregado gráúdo reciclado e água de absorção, determinada segundo normas ABNT NBR 16916, acrescida de 15% de água de amassamento para o agregado miúdo reciclado;
- b- colocar o agregado miúdo pré-molhado na betoneira de eixo inclinado e misturar por 60 segundos;
- c- acrescentar o cimento Portland, em um tempo de 30 segundos com a betoneira parada;
- d- ligar a betoneira e misturar por 60 segundos;
- e- realizar a limpeza das laterais internas da betoneira e acrescentar o restante da água de amassamento, em um tempo de 30 segundos, com a betoneira parada;
- f- misturar por 60 segundos;
- g- realizar a limpeza das laterais internas da betoneira, em um tempo de 30 segundos, com a betoneira parada;
- h- acrescentar o incorporador de ar com a betoneira em movimento, misturando por 150 segundos;
- i- realizar a limpeza das laterais internas da betoneira e colocar o superplastificante, em um tempo de 30 segundos, com a betoneira parada;
- j- ligar a betoneira e misturar por 120 segundos;
- k- adicionar o modificador de viscosidade, com a betoneira em movimento, misturando por 90 segundos;
- l- adicionar o agregado gráúdo pré-molhado, em um tempo de 60 segundos, com a betoneira parada;
- m- ligar a betoneira e misturar por 60 segundos.

n- a composição para concreto leve e autoadensável se encontra pronta para aplicação.

10. Uso da composição para concreto leve e autoadensável, conforme definido na reivindicação 1, **caracterizada por** ser em peças pré-moldadas ou pré-fabricadas de concreto sem finalidade estrutural.