

A UTILIZAÇÃO DO VIDRO COMO MATERIAL POZOLÂNICO PARA O CONCRETO

Jhonata Alves FONSECA¹; Jayne PIOVESAN^{1*}; Raduan Krause LOPES¹

1. Centro Universitário São Lucas, Porto Velho, Brasil.

*Autor Correspondente: jayne.piovesan@saolucas.edu.br

Recebido em: 07 dez. 2018 – **Aceito em:** 20 jan. 2019

RESUMO: O presente trabalho visa melhor conhecer a utilização do vidro como material pozolânico na Construção Civil na cidade de Porto Velho - RO. As pozolanas naturais são materiais que procedem de rochas vulcânicas e cinzas vulcânicas, geralmente de caráter petrográfico ácido (FONSECA, 2010). A presença desses materiais na construção civil já se estende pelo Brasil e mundo em diversas fases da obra, com aplicações desenvolvidas para estudos técnicos e, como em grande parte, para reajustar o sistema construtivo da obra com finalidade de fazer substituições parciais de materiais significantes e, portanto, reduzir custos com a preocupação também de edificar de maneira mais sustentável. A metodologia foi embasada em uma abordagem qualitativa e em conhecimentos teóricos relacionados a materiais pozolânicos. Está baseada em dados secundários, materiais disponibilizados por outros autores. Portanto, com base nos resultados obtidos através do ensaio mecânico de compressão verificaram-se resistências superiores a 19 MPa após 28 dias. Tal resultado mostra que essas misturas mesmo não sendo otimizadas, sem sofrer algum tipo de tratamento e sem aditivos é possível serem utilizadas em concretos sem função estrutural, como para a pavimentação, blocos de concretos, calçadas, meio-fio, contrapiso e ainda diversas utilidades na construção civil que não requer concreto estrutural.

PALAVRAS-CHAVE: Agregados. Vidro. Material Reciclado. Concreto.

INTRODUÇÃO

O presente trabalho visa melhor conhecer a utilização do vidro como material pozolânico na Construção Civil na cidade de Porto Velho - RO. A utilização desse material na obra é um assunto de alta relevância para o desenvolvimento de técnicas de construções alternativas nos canteiros de obra, visando o refinamento de conhecimento teórico e prático por parte do responsável pela edificação, bem como o foco no custo benefício final da obra. Desta forma, o projeto apresenta como seu tema principal: A Utilização de Materiais Pozolânicos na Construção Civil na Cidade de Porto Velho – RO.

Segundo a NBR 12653/1992, a American Society for Testing and Materials (ASTM), em sua norma C 125-03 fala que materiais como as pozolanas são constituídos por silicosos ou silicoaluminosos que têm baixa atividade aglomerante, porém quando moídos e em contato com a água, reagem quimicamente com o hidróxido de cálcio à temperatura ambiente formando compostos aglomerantes.

As pozolanas naturais são provenientes de rochas vulcânicas e cinzas vulcânicas. Esses materiais para serem utilizados devem passar pelo processo de britagem, moagem, classificação por tamanho, dentre outros segundo Fonseca (2010).

De acordo com Netto (2006), os indícios iniciais da utilização de pozolanas foram detectados em construções Gregas e Romanas, por volta de 2000 anos a.C.. Os romanos descobriram que, a mistura de cinza vulcânica que era encontrada nas proximidades do monte Vesúvio na Itália com a cal hidratada numa proporção que varia de 25% a 45% se obtinha um material aglomerante que endurecia ao entrar em contato com a água (KAEFER, 1998 apud NETTO, 2006). Ainda, de acordo com Oliveira (2010), essa mistura somada com agregados foi diversas vezes utilizada para construção no Império Romano obtendo êxito em edificações como os Aquedutos, no Coliseu e nas Termas.

A pesquisa contribuirá para que os profissionais da Construção Civil, bem como estudantes da área possam ter uma visão mais ampla do assunto exposto, e que os mesmos possam buscar soluções e aplicações de curto e longo prazo, que sejam eficazes e eficientes para o crescimento da técnica na cidade de Porto Velho e que seja fonte de estudos e pesquisas.

OS PRINCIPAIS TIPOS DE MATERIAIS POZOLÂNICOS

Segundo o Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental do Instituto de Geologia da USP (2000, apud Pesquisa FAPESP, 2000), esse material, que pode ser formado por rochas ou argilas, quando empregado na indústria cimentícia, reduz os custos de produção, contribui com menos agressividade ao meio ambiente e agrega com tecnologia, principalmente tendo como característica mais resistência em contato com a água.

Para Oliveira (2010) as cinzas volantes são precipitadas eletrostaticamente dos fumos de exaustão das centrais termelétricas a carvão e são as pozolanas artificiais mais comuns. As cinzas volantes quando adicionadas ao cimento podem alterar a cor do concreto.

Segundo o autor anterior, as pozolanas mais utilizadas são:

De acordo com Oliveira (2010), pozolanas naturais são materiais provenientes de rochas magmáticas ou sedimentares, ricos em sílica; já as pozolanas artificiais são materiais obtidos da calcinação de argilas cauliníticas ou subprodutos.

IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS POR MATERIAIS POZOLÂNICOS

Os cimentos pozolânicos resulta da mistura de pozolanas naturais e industriais com cimento Portland. Pois, além da sua utilização em obras submersas, a alta alcalinidade dos

cimentos pozolânicos resulta na característica de resistência às causas mais comuns de corrosão, incluindo à provocada por sulfatos de origem atmosférica.

Depois de completamente endurecido (após um período de cura em geral longo), as argamassas pozolânicas são em geral mais duras do que misturas semelhantes contendo apenas cimento Portland. Essa dureza deve-se à sua menor porosidade, o que também as torna menos propensa a absorver água por capilaridade e menos atreitas a fragmentação superficial (spalling) (PET CIVIL UFJF, 2010).

O cimento, por sua vez, além da necessidade da retirada das pedras de calcário do solo, necessita da operação de calcinação, dada através da queima de combustíveis necessários para manter as altas temperaturas necessárias nos fornos utilizados (aproximadamente 1500°C).

Sendo assim, a indústria do cimento além de degradar áreas, ainda é considerada uma das principais contribuintes para as emissões dos gases de efeito estufa mostram os estudos de Ali et al (2011). O mercado cimenteiro, no Brasil, é composto tanto por grupos nacionais, quanto estrangeiros, com 81 fábricas espalhadas por todas as regiões brasileiras e com uma capacidade instalada anunciada de 78 milhões de toneladas/ano (CIMENTO.ORG, 2012).

Desta forma, o Brasil está entre os 10 maiores produtores de cimento no mundo. Segundo afirmações de Ferreira e Daitx (2000), a areia é um material de granulometria variada, composto essencialmente de sílica e que passou por um processo de beneficiamento, suas fontes de produção são representadas por depósitos de areia quartzosa, arenito ou quartzito.

De acordo com o tipo de depósito mineral, varia o processo de retirada do solo (lavra), que geralmente é por dragagem ou desmonte hidráulico. O mercado brasileiro é atendido por uma ampla e diversificada gama de produtores, envolvendo cerca de 2500 empresas de extração de areia é o que mostra as pesquisas da ANEPAC (2013). Neste contexto, a redução da utilização tanto do cimento, como da areia é considerada importante para combater os problemas de degradação e poluição do meio ambiente, principalmente se for utilizado material pozolânico para suprir a retirada de agregado e ou aglomerante.

APLICAÇÕES DO VIDRO COMO MATERIAL POZOLÂNICO

Infere-se das palavras de Souza Neto (2014) que no mundo inteiro o aumento de resíduos sólidos tem se tornando um grande problema, principalmente como forma de descarte, tornando-se um desafio para meios tecnológicos e científicos, visto que a forma de armazenamento deve ser de forma que não prejudique o meio ambiente e nem a sociedade.

No ano de 2017, a indústria de vidros planos apresentou uma capacidade de produção de vidro de 6.920 toneladas por dia, onde desse volume 43,5% é representado pelo vidro comum, 34,7% de vidro temperado, 9,2% de vidro laminado, 7,8% de espelho, 4,4% de vidros para tampas, e 0,4% de vidro insulado. (ABIVIDRO, 2017 apud LOPES, 2017). Contudo, Rosa (2007) afirma que é estimado que apenas 14% desse volume de vidro seja destinado à reciclagem, o que é relativamente pouco diante de tantos descartes e possibilidades de uso.

Bauer (2015) mostra que o vidro compõe-se por sílica ou dióxido de silício (SiO_2) que corresponde à 70% da própria composição química. Por essas características, o mesmo é classificado como material pozolânico onde sua incorporação à matriz cimentícia acarreta melhoras nas propriedades mecânicas e na durabilidade dos compósitos cimentícios (MEHTA; MONTEIRO, 2008; NEVILLE; BROOKS, 2013).

O vidro destinado a compor produtos cimentícios, como agregado ou substituindo parte do aglomerante, vem tornando-se objeto de pesquisa e investigação de estudiosos, uma vez que a incorporação desse resíduo em compósitos cimentícios tem como benefícios a melhoria das propriedades da matriz cimentícia segundo Sousa Neto (2014).

Segundo Lopes (2017), há uma evolução significativa para introdução desse resíduo sólido em compósitos cimentícios, cuja solução para evitar a RAA encontra-se no tamanho das partículas do vidro, que podem ser finamente moídas ou adicionadas a outros materiais de propriedades pozolânicas, que já são caracterizados como inibidores dessa reação deletéria.

De acordo com Shao et al. (2000), os resíduos sólidos provenientes do vidro que são descartados apresentam diversos problemas para a população de um município, visto que o mais provável é que se descarte em aterros sanitários, o que enfatiza ainda mais a importância de reutilizar esses materiais de forma a acrescentar para o meio ambiente, para a sociedade e para a construção civil.

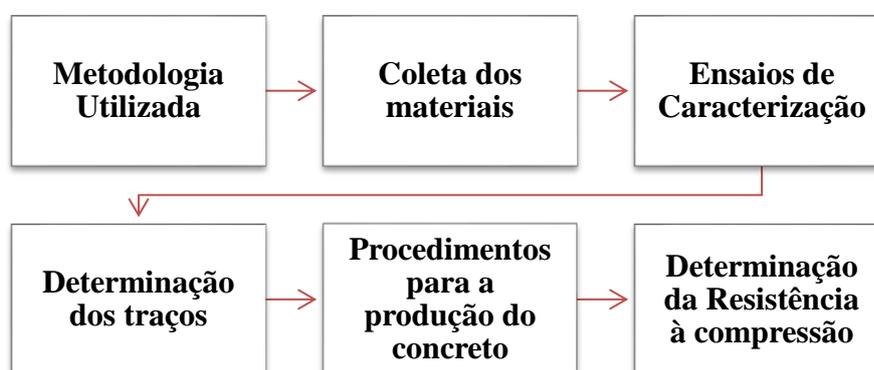
Contudo, é possível observar a relevância de estudar e testar os avanços que o vidro pode oferecer na composição de traço de concreto para construção civil na cidade de Porto Velho – RO.

MATERIAL E MÉTODOS

Para avaliação de bibliografia foi traçado uma série de ensaios para testar o comportamento do vidro moído juntamente com os agregados e o aglomerante para que se possa ter fundamentação teórica através de dados colhidos em laboratório.

Os resultados de caracterização do agregado miúdo utilizados neste trabalho foram obtidos por Lopes (2017) uma vez que a origem do agregado é a mesma, e a caracterização do agregado graúdo baseou-se na metodologia de Piovesan (2016). O resíduo de vidro utilizado nesta pesquisa foi adquirido moído e preparado por Lopes (2017), e posteriormente utilizaram-se todos esses materiais juntamente com o aglomerante para formar os corpos de provas de concreto.

Fluxograma 1 - Processo da metodologia do estudo



Fonte: Elaborado pelo autor

MATERIAIS

Para os traços de concreto confeccionados nesta pesquisa foi utilizado Cimento Portland composto de pozolana, CP IV - 32 - Itaú, comercializado no comércio local da cidade de Porto Velho/RO.

A água proveniente do reservatório da Faculdade de Educação e Cultura de Porto Velho - RO – UNESC, foi utilizada para a confecção do concreto seguindo todas as recomendações das normas NBR 6118: 2014 e NBR 15900-3:2009.

A areia utilizada como agregado miúdo foi adquirida junto ao Depósito São Marcos Material Básico Ltda, proveniente do município de Candeias do Jamari, mais especificamente de jazida do Rio Jamari.

O resíduo de vidro foi coletado junto à empresa Guaporé Indústria e Comércio de Vidros Ltda, localizada na região Leste da cidade de Porto Velho.

O agregado graúdo natural utilizado foi à brita natural, que também foi adquirida no comércio local de Porto Velho. A brita utilizada em Porto Velho é obtida através de granitoides e foi a mesma que é usada para concreto, conhecida como brita 1.

AGREGADO MIÚDO NATURAL

Os ensaios realizados quanto ao agregado miúdo natural são apresentados na tabela 1. Como o agregado miúdo natural utilizado foi do mesmo local e lote de Lopes (2017), logo, os ensaios não foram refeitos, e sim utilizados seus próprios resultados para comparação com outros autores.

Tabela 1 - Ensaios de caracterização do agregado miúdo utilizado na pesquisa

Ensaio	Método de Ensaio
Massa Específica	NBR NM 52:2009
Massa Unitária	NBR NM 45:2006
Teor de Material Pulverulento	NBR NM 46:2003
Composição Granulométrica	NBR NM 248:2003
Módulo de Finura	NBR NM 248:2003
Diâmetro Máximo	NBR NM 248:2003
Teor de Argila e materiais Friáveis	NBR 7218:2010

Fonte: Adaptado LOPES, 2017.

AGREGADO GRAÚDO NATURAL

O agregado graúdo natural utilizado foi à brita natural, que também foi adquirida no comércio local de Porto Velho. A brita utilizada em Porto Velho é obtida através de granitoides e foi a mesma que é usada para concreto, conhecida como brita 1.

A Tabela 2 mostra os ensaios que foram realizados para caracterizar o agregado graúdo natural.

Tabela 2 - Ensaios realizados para caracterização do agregado graúdo natural (brita)

Características	Método
Composição granulométrica	NBR NM 248: JUL/03
Massa Unitária	NBR 7251:ABR/82
Teor de material fino que passa através da peneira 75 um, por lavagem	NBR NM 46:JUL/03
Teor de argila em torrões e materiais friáveis	NBR 7218:AGO/87
Agregado graúdo – Determinação massa específica, massa específica aparente e absorção	NBR NM 53:JUL/03

Fonte: Elaborada pelo autor

AGLOMERANTE MINERAL

O aglomerante utilizado na pesquisa foi o cimento Portland CP IV 32 como mostram as imagens A e B na Figura 1, da marca Itaú, cujas características são fornecidas pelo fabricante do produto.

Figura 1 - Cimento utilizado para o ensaio



Fonte: Elaborada pelo autor

MÉTODOS DE COLETA, PREPARO E CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO DE VIDRO

Segundo Lopes (2017), o resíduo é proveniente do processo de corte e desbastamento dos vidros planos da indústria. Na etapa de desbastamento e corte é formado o pó de vidro, que juntamente com a água, elemento fundamental para essa operação, é sedimentado em tanques e posteriormente acondicionados para serem recolhidos por empresas de coleta de resíduo e finalmente depositados no aterro sanitário municipal.

Figura 2 - Resíduo de Vidro recolhido da Indústria



Fonte: Lopes, 2017

O resíduo moído de vidro pronto para utilização neste trabalho foi adquirido junto ao professor coordenador do Laboratório de Materiais de Construção Civil da Universidade Federal de Rondônia. O vidro escolhido para esta pesquisa segundo a metodologia de Lopes (2017) foi o vidro moído durante 48 horas no moinho de bolas.

TRAÇO UTILIZADO

O traço utilizado foi baseado no estudo realizado por Nascimento et al. (2014), porém este realizou a substituição da areia pelo resíduo de vidro moído, e neste estudo é realizada a substituição do cimento pelo resíduo de vidro moído. A tabela 3 mostra as três misturas de cimento utilizadas e as suas respectivas proporções de cimento, agregados e água com e sem a substituição do resíduo de vidro moído.

Tabela 3 – Concretos produzidos para a análise

Traço	Traço C:A:VD:B:A/C	Proporção de Vidro – Cimento (%)
1	1: 1,6: 0: 2,35: 0,45	0 – 100
2	0,85: 1,6: 0,15: 2,35: 0,45	15 – 85
3	0,75: 1,6: 0,25: 2,35: 0,45	25 - 75

Fonte: Elaborada pelo autor

Nota: C = cimento; A = areia; VD = vidro; B = brita; A/C = relação água x cimento.

Baseando-se no método de Piovesan (2016), para a produção do concreto utilizou-se a seguinte sequência para adição dos componentes na betoneira: Agregado graúdo natural – parte da água de amassamento – cimento - agregado miúdo natural, o resíduo de vidro moído e o restante da água. A moldagem dos corpos de provas foi conforme a NBR 5738/1994 - Moldagem e Cura de Corpos de Prova Cilíndricos.

Foram utilizadas fôrmas cilíndricas nas dimensões de 10x20cm com uma fina camada de óleo mineral para facilitar a desforma. O adensamento foi manual com 25 golpes dados em cada camada, e as camadas totalizavam em 3 de acordo com o tamanho do corpo-de-prova conforme a NBR 5738/94.

Após 24 horas da moldagem os corpos de prova foram desformados e identificados com pincel a base de água. Logo, depois de retirados das formas os corpos de prova foram levados para uma caixa de concreto com água a um nível que os cobrissem possibilitando a sua

cura. Os corpos de prova permaneceram até a data do rompimento realizando o processo de cura do concreto por 7 e 28 dias, conforme figura 3 e figura 4.

Figura 3 - Corpos de prova submersos



Fonte: Fotografada pelo autor

Figura 4 - Corpos de prova desmoldados



Fonte: Fotografada pelo autor

DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DOS CONCRETOS

Para a realização deste ensaio utilizou-se a ABNT NBR NM 101/96 – Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. A resistência à Compressão dos concretos produzidos foi determinada aos 7 e aos 28 dias e os resultados constam mais abaixo.

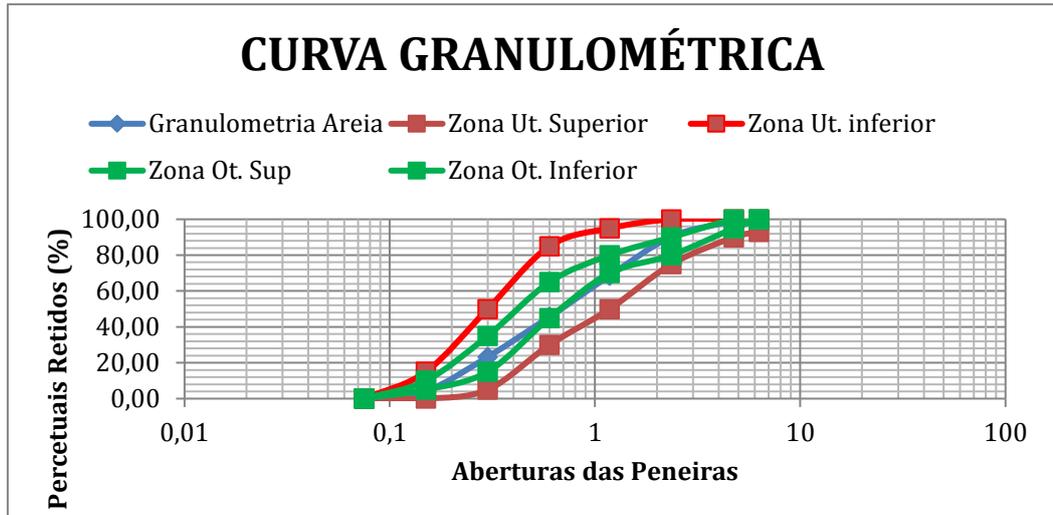
RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentados os resultados dos ensaios de caracterização dos agregados graúdo e miúdo natural e os resultados das resistências no rompimento de 7 e 28 dias.

Composição Granulométrica

A distribuição granulométrica do agregado graúdo e miúdo natural foi determinada de acordo com a norma NBR NM 248:2003. Segundo Lopes (2017), a distribuição granulométrica de acordo com a NBR 7211 – Agregados para concreto – Especificação, o agregado miúdo utilizado nessa pesquisa está dentro dos valores aceitáveis para utilização.

Gráfico 1 - Curva granulométrica do agregado miúdo

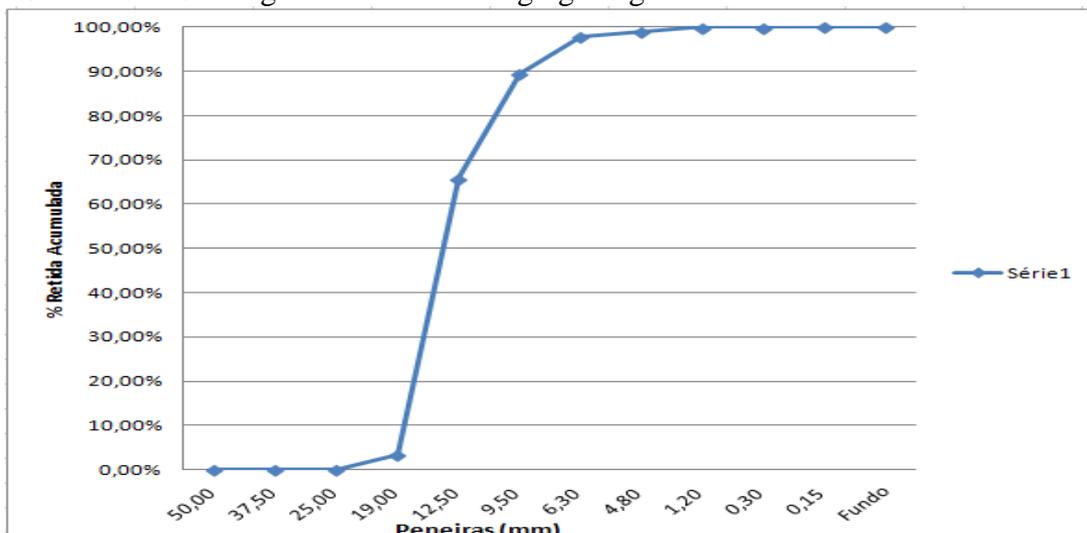


Fonte: Lopes, 2017

A curva granulométrica mostra uma distribuição bem graduada e não apresenta descontinuidade entre as aberturas das peneiras. Segundo Lopes (2017), quanto ao módulo de finura, a areia analisada obteve um valor de 2,687 e, portanto, encontra-se na zona de utilização considerada ótima, uma vez que a NBR 7211, estabelece que a zona de utilização considerada ótima fique nas areias que apresentam variação entre 2,20 a 2,90 de módulo de finura. Ainda os estudos de Lopes (2017), apontam o diâmetro máximo da areia foi de 2,40 mm.

A curva granulométrica que está representada no gráfico 2 apresenta as porcentagens médias retidas acumuladas nas peneiras das amostras do agregado natural graúdo.

Gráfico 2 – Curva granulométrica do agregado graúdo



Fonte: Elaborada pelo autor

De acordo com a gráfico 2, a curva granulométrica mostra que o diâmetro máximo do agregado graúdo foi de 19,00 mm que é o diâmetro característico da brita 1, utilizada em misturas de concreto. Piovesan (2016) obteve a mesma dimensão máxima da brita utilizada neste trabalho, o que mostra que é o agregado graúdo correto para tal mistura, visto que o material graúdo utilizado por Piovesan (2016) é da mesma região do material utilizado neste trabalho.

Massa Unitária

O ensaio de massa unitária para o agregado graúdo foi realizado de acordo com a NBR 7251. Para o agregado miúdo Lopes (2017) utilizou a NBR NM 45:2006.

Segundo Lopes (2017), o valor obtido para massa específica da areia foi de 1,447 kg/dm³, e ainda afirmou que esse valor está dentro dos valores encontrados nas bibliografias de sua pesquisa, portanto, é um valor aceitável para caracterização da massa unitária da areia. Quanto à massa unitária da brita, foi obtido um resultado de 1,484 kg/dm³, o que não é um resultado ruim quando comparado ao resultado de Piovesan (2016), que obteve uma massa unitária da brita de 1,52 kg/dm³ e levando em consideração que a brita é da mesma região, os resultados não ficaram distantes entre si.

Teor de Material Fino que Passa Através da Peneira 75 µm, por Lavagem NBR NM 46:JUL/03

A NBR NM 46:2003 determina a porcentagem de partículas de argila e outros materiais que se dispersam por lavagem, como os materiais solúveis em água.

Segundo Lopes (2017), o teor de materiais pulverulentos obtido do agregado miúdo natural (areia) foi de 4,70%, esse limite está dentro dos limites dado pela norma NBR NM 46, que varia de 3 a 5 %, portanto são aceitáveis.

Quanto ao resultado obtido pelo agregado graúdo natural (brita) através do ensaio foi de 0,41% sendo que a NBR 15116 estabelece para o agregado natural graúdo que a porcentagem máxima de material fino que pode passar na peneira 75 µm não ultrapasse 1,0%. Na figura 5 a amostra de 1000g antes do ensaio e a figura 6 mostra a amostra de 996g após a lavagem e secagem na estufa.

Figura 5 – Amostra para ensaio



Fonte: Fotografada pelo autor

Figura 6 – Amostra após secagem



Fonte: Fotografada pelo autor

Portanto, observa-se que o resultado do ensaio permaneceu dentro do estabelecido pela norma e obteve um resultado mais baixo comparando com Piovesan (2016) que utilizando a brita da mesma região obteve um valor de 0,60% que também ficou dentro dos parâmetros dados pela NBR.

Teor de argila em torrões e materiais friáveis NBR 7218:AGO/87

O ensaio para determinação do teor de torrões de argila e materiais friáveis foi realizado de acordo com que estabelece a NBR 7218/87.

Segundo Lopes (2017), o valor obtido quanto ao teor de argila e materiais friáveis foi de 1,50%, sendo o valor limite estabelecido pela NBR 7218 de 1,50%, portanto, dentro dos limites e sendo aceitáveis.

Quanto ao valor obtido para o agregado graúdo natural (brita) foi de 0%, visto que pela característica do material ser proveniente de rocha que não possui nenhum tipo de argila, sendo assim o resultado é aceitável, pois na norma o teor de argila poderia ser de 1% a 3%. Em comparação com Piovesan (2016), observa-se que o resultado é exatamente o mesmo, o que é bem coerente, visto que a brita por ser uma pedra dificilmente terá como resíduo a argila. Na figura 7 pode-se observar uma parte do processo.

Figura 7 – Amostra sendo peneirada



Fonte: Fotografada pelo autor

Agregado graúdo – determinação massa específica, massa específica aparente e absorção NBR NM 53:JUL/03

Os ensaios da massa específica e absorção para o agregado graúdo foi realizado conforme exigem a norma NBR NM 53. Segundo Lopes (2017), o valor obtido para a massa específica foi de 2,674 kg/dm³, e ainda afirmou que esse valor está dentro dos valores encontrados nas bibliografias de sua pesquisa, portanto, é um valor aceitável para caracterização da massa unitária da areia.

Quanto à massa específica obtida para o agregado graúdo natural (brita), foi de 11,02%, a norma estabelece 12%, portanto é aceitável o resultado. Contudo o estudo de Piovesan (2016) mostra que seu resultado ultrapassa os 12% estabelecidos pela norma, o que pode variar pelas condições e capacidade de cada amostra com relação à absorção. Abaixo as figuras 8, 9 e 10 mostram algumas fases do ensaio.

Figura 8 - Brita na água



Fonte: Fotografada pelo autor

Figura 9 - Secagem manual



Fonte: Fotografada pelo autor

Figura 10 – Balde na balança



Fonte: Fotografada pelo autor

ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

O ensaio de compressão é o mais indicado para avaliar as características de resistência do material, principalmente quando se trata de materiais frágeis, como ferro fundido, madeira, pedra e concreto. É também recomendado para produtos acabados, como molas e tubos segundo Victor (2000).

Ainda de acordo com Victor (2000), de modo geral, podemos dizer que a compressão é um esforço axial, que tende a provocar um encurtamento do corpo submetido a este esforço. Nos ensaios de compressão, os corpos de prova são submetidos a uma força axial para dentro, distribuída de modo uniforme em toda a seção transversal do corpo de prova.

O preparo e a moldagem dos corpos de prova seguiram NBR 5738/1994. Para cada traço foi confeccionado 2 corpos de prova como mostrado na tabela 03 deste artigo.

Logo após 24 horas de sua moldagem os corpos de prova foram imersos em tanque de cura e permaneceram neste estado até 24 horas antes da realização de ensaio. Os ensaios de resistência à compressão foram realizados entre 7 e 28 dias, adotando-se a metodologia preconizada pela norma brasileira NBR 5738/1994. A tabela 4 mostra os resultados alcançados após o ensaio de compressão realizado.

Tabela 4 – Resultados dos ensaios de compressão

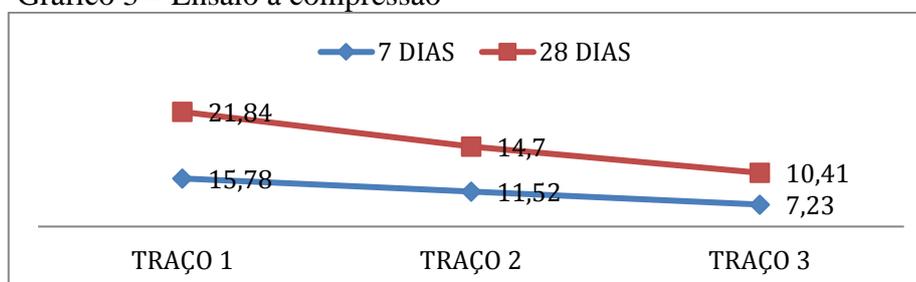
MISTURAS	CP	MPa 7 DIAS	Mpa 28 DIAS
1: 1,6: 0: 2,35: 0,45	CP-N	15,78	21,84
0,85: 1,6: 0,15: 2,35: 0,45	CP-15%	11,52	14,70
0,75: 1,6: 0,25: 2,35: 0,45	CP-25%	7,23	10,41

Fonte: Elaborado pelo autor

É possível verificar através dos resultados mostrados na tabela 05 que o traço controle (CP-N) obteve uma resistência de aproximadamente 22 MPA, portanto alcançou a resistência mínima para concreto estrutural segundo a NBR 6118, porém os corpos de prova com substituição do vidro (CP-15% e CP-25%) não obtiveram tal satisfação.

Mas os resultados podem ter sido influenciados por uma série de fatores, como, por exemplo, o adensamento do concreto que foi realizado manualmente ou também o método de capeamento utilizado que pode ter contribuído para estes resultados. No gráfico 3 podemos compreender melhor a evolução de cada traço.

Gráfico 3 – Ensaio à compressão



Fonte: Elaborada pelo autor.

Comparando com os resultados de Nascimento et al. (2014), podemos observar que o primeiro traço com rompimento aos 28 dias ficou abaixo do esperado, visto que o traço é o

controle e toda a metodologia do ensaio de compressão foi baseada no método utilizado por Nascimento et al. (2014). Quanto aos traços 2 e 3 que substituem uma porcentagem do cimento pelo vidro, não se pode comparar diretamente com Nascimento et al. (2014) visto que este em seu trabalho substituiu a areia pelo vidro.

Também não se pode dizer que houve a interferência de algum agregado natural, pois segundo os resultados de caracterização, todos os resultados obtidos tanto para o agregado miúdo quanto para o agregado graúdo natural ficaram dentro dos padrões e limites das NBR's que caracteriza cada um.

Porém, observou-se que dentre as duas substituições de 15% e 25% do cimento pelo vidro, a melhor substituição foi a de 15%, já que segundo os resultados apresentados com 25% existe uma queda da resistência. Os resultados não foram satisfatórios, pois era esperado alcançar a resistência mínima para o concreto estrutural, porém tanto o traço 2 quanto o traço 3 podem ser utilizados como concreto para fins não estrutural.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo teórico possibilitou a percepção da importância de cada vez mais estudos sobre materiais pozolânicos, tanto quando se fala em sustentabilidade como no financeiro.

Observa-se que o assunto é de alta relevância para o desenvolvimento de técnicas de construção alternativa nos canteiros de obras, possibilitando o aprimoramento da técnica e inspirando a tecnologia e o empreendedorismo. Além disso, abre um leque de possibilidades para estudos mais avançados e incentiva o profissional a buscar trabalhar com diferencial quando o assunto é construir de forma mais sustentável, buscando reaproveitar o que para muitos já é descartável e sem valor, tendo como benefícios a redução de custos, a redução da utilização de agregados naturais e a contribuição com a sociedade.

Os resultados dos ensaios de caracterização dos agregados miúdo e graúdo foram satisfatórios em comparação com a literatura existente e, atendendo a todos os parâmetros das normas, foi possível observar a coerência entre os resultados. Contudo, o ensaio de compressão não foi totalmente satisfatório por não ter alcançado a resistência esperada aos 28 dias, o que nos leva à discussão sobre os tipos de materiais e métodos utilizados e as alterações no processo de confecção.

Porém, mesmo não obtendo concreto reciclado acima de 20 MPA, é importante o seu estudo, pois reutilizar um material como agregado reciclado no concreto reflete na

sustentabilidade da construção civil. Tal resultado mostra que essas misturas mesmo não sendo otimizadas, sem sofrer algum tipo de tratamento e sem aditivos é possível serem utilizadas em concretos sem função estrutural, como para a pavimentação, blocos de concretos, calçadas, meio-fio, contrapiso e ainda diversas utilidades na construção civil que não requer concreto estrutural.

THE USE OF GLASS AS A POZZOLANIC MATERIAL FOR CONCRETE

ABSTRACT: This work aims to better understand the use of glass as pozzolanic material in Civil Construction in the city of Porto Velho - RO. Natural pozzolans are materials that come from volcanic rocks and volcanic ash, usually of an acidic petrographic character (FONSECA, 2010). The presence of these materials in civil construction already extends through Brazil and the world in several phases of the work, with applications developed for technical studies and, as in large part, to readjust the constructive system of the work in order to make partial substitutions of significant materials and, therefore reducing costs with the concern also to build in a more sustainable way. The methodology was based on a qualitative approach and on theoretical knowledge related to pozzolanic materials. It is based on secondary data, materials made available by other authors. Therefore, on the basis of the results obtained by the mechanical compression test, resistance was higher than 19 MPa after 28 days. This result shows that these mixtures, even though they are not optimized without treatment, and without additives, can be used on concretes without structural function, such as for paving, concrete blocks, sidewalks, curb, subfloor and various utilities in civil construction that does not require structural concrete.

KEYWORDS: Aggregates. Glass. Recycled material. Concrete.

REFERÊNCIAS

- ABIVIDRO. **Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro**. 2017.
- ABNT NBR NM 101/96 – **Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**.
- ALI, M. B.; SAIDUR, R.; HOSSAIN, M. S. A review on emission analysis in cement industries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 15, p. 2252–2261, 2011.
- ANEPAC. **História da areia e da brita**. 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES E PROCESSADORES DE VIDROS PLANOS – ABRAVIDRO. **Panorama ABRAVIDRO 2017, o mercado vidreiro em números**. Editorial 2017 ABRAVIDRO. Disponível em <https://app.magtab.com/leitor/136/edicao/17526>. Acessado em 22/06/2017.
- CEMPRE, CONSÓRCIO EMPRESARIAL PARA A RECICLAGEM. **Vidro**. Ficha técnica, artigos e publicações. Disponível em <http://cempre.org.br/artigo-publicacao/ficha-tecnica/id/6/vidro>. Acessado em 22/06/2017.
- CIMENTO ORG. **CIMENTO NO BRASIL**. 2012.

DUCMAN, V., MLADENOVIC, A. **Lightweight aggregate based on waste glass and its alkali – silica reactivity.** Cement and Concrete Research, Volume 32, Issue 2, February 2002, Pages 223–226.

FAPESP. **Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental do Instituto de Geologia da USP.** 2000.

FERREIRA, G.C., DAITX, E.C. **Estudo dos mercados produtor e consumidor de areia industrial na Região Sul do Brasil.** São Paulo: FAPESP, 2000 a. 59p. (Relatório final - Processo n.º 98/13371-5).

FONSECA, Gustavo Celso da. **ADIÇÕES MINERAIS E AS DISPOSIÇÕES NORMATIVAS RELATIVAS À PRODUÇÃO DE CONCRETO NO BRASIL: UMA ABORDAGEM EPISTÊMICA.** Dissertação apresentada a Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. 2010.

LOPES, Raduan Krause. **UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO MOÍDO DE VIDRO INDUSTRIAL DO MUNICÍPIO DE PORTO VELHO/RO NA CONFECÇÃO DE ARGAMASSA DE CIMENTO PORTLAND.** Universidade Federal do Amazonas, 2017.

MEHTA, P.K. Natural Pozzolan. In: Supplementary Cementing Materials. Ottawa: V. M. Malhotra. 1987. 427p.

MEHTA, P. K., MONTEIRO, P. J. M. **Concrete. Microstructure, Properties, and Materials.** 3ª Ed. USA. The McGraw-Hill Companies. 2008.

NASCIMENTO, et. al. **CARACTERIZAÇÃO DE COMPÓSITOS DE CONCRETO UTILIZANDO AGREGADO MIÚDO DO VIDRO.** 2014.

NBR 5738/1994 - **Moldagem e Cura de Corpos de Prova Cilíndricos.**

NBR 7211 – **Agregados para concreto – Especificação.**

NBR 7218:AGO/87. **Teor de argila em torrões e materiais friáveis.**

NBR NM 46:JUL/03. **Teor de material fino que passa através da peneira 75 um, por lavagem.**

NBR NM 53:JUL/03. **Agregado graúdo – Determinação massa específica, massa específica aparente e absorção.**

NETTO, Rafael Mantuano. “Materiais Pozolânicos”. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da UFMG. 2006.

NEVILLE, A. M., BROOKS, J. J. **Tecnologia do Concreto.** 2ª ed. Editora Bookman, Porto Alegre/RS. 2013.

OLIVEIRA, Aline Fernandes de. **Materiais de Construção.** 2010. Disponível em: <https://notedi2.files.wordpress.com/2010/06/aula-mc-04_-pozolana_escoria.pdf>. Acesso em: 15 Set de 2017.

PESQUISA FAPESP. **Pozolanas: o mapa da mina.** 2000. Disponível em: <<http://revistapesquisa.fapesp.br/2000/12/01/pozolanas-o-mapa-da-mina/>>. Acesso em: 31 de Mar 2017.

PET CIVIL UFJF. **Concretos Especiais com Cinzas Agroindustriais Pozolânicas.** 2010. Disponível em: <<https://blogdopetcivil.com/tag/propriedades-pozolanicas/>>. Acesso em: 5 Set 2017.

PIOVESAN, Jayne Carlos. **OTIMIZAÇÃO MULTIVARIADA DA SUBSTITUIÇÃO DE AGREGADOS DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO EM CONCRETO.** 2016.

SANTOS, S. Produção e Avaliação do uso de pozolana com baixo teor de carbono obtida da cinza de casca de arroz residual para concreto de alto desempenho. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006, 267p.

SHAO, Y. LEFORT, T., MORAS, S., RODRIGUEZ, D. **Studies on concrete containing ground waste glass.** Cement and Concrete Research, Volume 30, Issue 1, January 2000, Pages 91–100.

SOUSA NETO, L. M. **Utilização de resíduo de vidro moído como adição mineral para a produção de concreto autoadensável e de alto desempenho.** 2014. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2014.

VICTOR, Luiz Carlos Menezes. **Ensaio de Materiais.** 2000. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAej50AF/ensaios-destrutivos-nao-destrutivos-aula-05-ensaio-compressao>>. Acesso em: 29 de Out. 2017.