

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE ARGAMASSA COM ADIÇÃO DE RESÍDUOS DO BENEFICIAMENTO DO CAULIM

Thamyres de Araújo Barbosa ¹
Cláudio Luis de Araújo Neto²

RESUMO

A atividade de mineração no Brasil é um dos setores de maior movimentação da economia do país, em contrapartida também é um dos setores que mais geram resíduos através dos processos de beneficiamento dos minérios. Dentre os minerais, o caulim tem uma grande importância no país que é um grande produtor dessa matéria prima utilizada em diversos setores, entre eles a indústrias do papel, cerâmica, adubo e cosméticos. Como forma de minimizar esses impactos surge novas formas de incorporar esses resíduos nos materiais de construção. As argamassas desempenham um papel importante na construção civil e possuem um grande potencial para incorporação de novos materiais em sua mistura, em busca de melhorias em suas características. O presente trabalho tem como objetivo avaliar as propriedades físicas de argamassa com adição dos resíduos do beneficiamento do caulim. Para avaliar essas propriedades foram realizados ensaios de absorção de água e densidade em corpos de prova com percentuais de adição de 0%, 20% e 25%, onde foi possível identificar a diminuição da absorção de água e aumento de sua massa específica, conforme aumento do percentual de adição do resíduo de caulim.

Palavras-chave: Atividade Mineradora, Incorporação de Resíduos, Construção Civil, Argamassas.

INTRODUÇÃO

Em todo mundo por dia são geradas milhões toneladas de resíduos inorgânicos provenientes da atividade mineradora e beneficiamento dos minerais. Por possuir um território extenso o Brasil usufrui de grande quantidade e variedade de recursos minerais, o tornando então uma grande potência na exportação desses materiais.

A atividade de mineração no Brasil é um dos setores de maior movimentação da economia do país, em contra partida também é um dos setores que mais geram resíduos através dos processos de beneficiamento dos minérios, que geram impactos ambientais que vão desde a degradação da paisagem até o desequilíbrio do meio ambiente, o que

¹ Graduado pelo Curso de Engenharia Civil da Instituição UNINASSAU - PB, araujo.thamy@gmail.com;

² Professor Doutor do Centro Universitário Maurício de Nassau - UNINASSAU, claudioluisneto@gmail.com;

inclui fauna e flora com a destruição e descaracterização de grandes áreas que são habitat natural de muitas espécies a partir do depósito inadequado dos resíduos gerados na extração dos minérios. Dentre os minerais o caulim tem uma grande importância no país que é um grande produtor dessa matéria prima muito usada nas indústrias do papel, cerâmica, adubo e cosméticos.

Segundo Anjos e Neves (2011), no decorrer do processo de extração do caulim, dois tipos de resíduos são gerados: o primeiro é um resíduo com partículas de características mais grossas, extraído a partir da separação do quartzo e representa 70% do resíduo; o segundo tem partículas menores e é proveniente da purificação do caulim. O depósito desse material é feito a céu aberto, afetando a saúde da população adjacente.

Aproveitar esses resíduos para criação e incorporação em novos materiais tem se ganhado bastante importância nos últimos anos quando se pensa em um planeta mais sustentável, a partir disso todos os dias são criadas pesquisas no âmbito da construção civil como forma de aplicação e reutilização desses resíduos das indústrias de mineração, a fim de se obter uma alternativa viável no setor da construção civil como uma maneira de mitigar os impactos gerados pela indústria da mineração. Logo, o presente trabalho buscou contribuir com uma proposta de adição do resíduo do beneficiamento do caulim na produção de uma argamassa, também comparar com um traço base, sem adição de resíduo, a fim de atender as características físicas aceitáveis quando comparado com o traço sem incorporação.

METODOLOGIA

CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

Cimento Portland

O aglomerante utilizado na composição da argamassa foi o Cimento Portland do tipo CPII-32-F. O produto segue as diretrizes da norma NBR 11578 (ABNT,1991).

Agregado miúdo

O agregado miúdo utilizado no preparo da argamassa foi areia de origem natural, média e de característica quartzosa. Para uma melhor caracterização desse elemento foram realizados os ensaios de granulometria e massa específica dos grãos, pois a partir

dos resultados obtidos é possível conhecer melhor as características do agregado e estabelecer as características desejadas nas argamassas.

O ensaio de granulometria do agregado miúdo foi realizado de acordo com a NBR NM 248 (ABNT, 2003). Para realização do ensaio foi selecionada uma amostra de 2 kg do agregado e com o propósito de retirar o material pulverulento, lavou-se a amostra na peneira 200 com abertura da malha de 0,074 mm. Em estufa a amostra foi inserida a uma temperatura constante de 105°C pelo período de 24 h a fim de se retirar toda a massa de água retida na amostra. Após o período de secagem o agregado foi inserido na primeira peneira que segue o padrão da NBR NM-ISO 3310- 1 (ABNT,1996) e dispostas em sequência no agitador mecânico.

Com o auxílio de uma balança semi-analítica foi realizada as diferenças de pesagem das peneiras com e sem o agregado retido a fim de se obter a curva granulométrica.

Para realização do ensaio de massa específica dos grãos seguiu a DNER-ME 194 (1998). Pesou-se 500 g de agregado que em seguida foram inseridos no balão que possui 2 bulbos e um gargalo graduado e que já possuía água até a sua marca de 200 cm³. Após inserido toda a massa do agregado no balão foi aferida a leitura no gargalo graduado.

Água

A água utilizada nesse estudo é oriunda do sistema público de abastecimento, fornecida pela CAGEPA (Companhia de águas e Esgotos da Paraíba) e que atende os padrões de potabilidade conforme a portaria do Ministério da Saúde n° 5 (2017).

Resíduos do beneficiamento do caulim

Os Resíduos do Beneficiamento do Caulim (RBC) utilizado neste estudo foram cedidos por uma empresa localizada no município de Tenório-PB. Foi feito o quarteamento da amostra a fim de se obter uma amostra mais representativa o possível e homogênea. A caracterização destes resíduos também foi realizada seguindo os mesmos métodos adotados para o agregado miúdo.

MÉTODOS

Dosagem das argamassas

Após o tratamento das amostras do agregado miúdo e do RBC, foi escolhido um traço convencional de argamassa de 1:3, comumente utilizado na construção civil e utilizados em estudos realizados por Silva (2007), Lobato et al. (2017) e Leite et al. (2018), e um fator água cimento de 0,55 em massa.

Os percentuais de resíduos adicionado a argamassa em relação à massa do agregado miúdo foram de 0%, 20% e 25% como mostrado no Quadro 1, essas adições tiveram como base o estudo feito por Oliveira (2016) que realizou substituições de 0% a 100% do agregado miúdo por RBC. Contudo, o traço sem adição serviu como referência para comparação dos traços com resíduo do beneficiamento do caulim.

Quadro 1 – Traços utilizados na pesquisa

TRAÇOS	(CIMENTO:AREIA:RBC)
T0 – Traço base	1:3:0
T1 – Traço com adição de 20%	1:3:0,20
T2 – Traço com adição de 25%	1:3:0,25

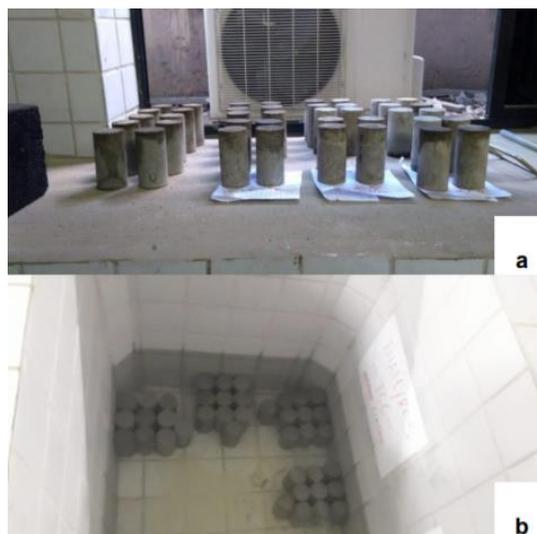
Produção das argamassas

Foram empregadas três unidades de corpos de prova para cada tipo de argamassa, para que se fosse possível descobrir a média entre os valores obtidos nos ensaios posteriores. No total foram produzidos 12 corpos de prova, seguindo dos traços recomendados no quadro anterior.

Moldagem dos corpos de prova

Os corpos de prova foram moldados e curados como mostrado na Figura 2 seguindo os preceitos da NBR 5738 (ABNT, 2015) que orienta sobre os procedimentos adotados para moldagem e cura dos corpos de prova.

Figura 2 – (a) Moldagem e (b) cura dos corpos de prova



Ensaio de absorção de água por imersão

O ensaio de absorção de água por imersão foi realizado conforme procedimento descrito na NBR 9778 (ABNT, 2009). Para realização deste ensaio, os corpos de prova foram secos em estufa, com temperatura controlada de $\pm 105^{\circ}\text{C}$ por um período de 24h e verificada a sua massa final através de uma balança semi-analítica. Em seguida imersos novamente em tanque com água por um período de 24h e posteriormente aferido suas massas.

Ensaio de massa específica

A massa específica é o resultado do quociente entre a massa que o corpo possui e o seu volume apresentado. Nas argamassas é importante conhecer o número de vazios para uma análise minuciosa de suas propriedades. Ao ser moldado, curado e desmoldado, três corpos de prova de cada tipo de argamassa, todos com 28 dias de idade, tiveram suas massas aferidas em balança semi-analítica. Para obter a massa específica no estado endurecido das argamassas foi estabelecida a relação entre a média das massas e o volume do corpo de prova.

REFERENCIAL TEÓRICO

ARGAMASSA

Argamassa é um composto homogêneo com propriedade de aderência constituído de aglomerantes, agregados e água, em casos especiais pode também conter em sua mistura aditivos para melhor suas características. Segundo Ambrozewicz (2012), a função principal das argamassas é unir tijolos e blocos, já que a argamassa tem a função de fechar as juntas e ajudar na distribuição das cargas provenientes da edificação.

De acordo com a NBR (Norma Brasileira Regulamentadora) 13.281 (ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005)

Argamassa é definida como uma mistura homogênea de agregado (s) miúdo (s), aglomerante (s) inorgânico (s) e água, contendo ou não aditivos, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria (argamassa industrializada).

Cimento Portland

De acordo com Bauer (1994), o cimento Portland é composto de silicatos hidráulicos de cálcio e uma porção de sulfato de cálcio e a depender das características que se deseja obter pode ter outras substâncias que melhoram suas propriedades e aplicação. Segundo a NBR 16697 (2018) define que, o cimento Portland como ligante hidráulico obtido pela moagem de clínquer Portland, ao qual se adiciona, durante a fabricação, a quantidade necessária de uma ou mais formas de sulfato de cálcio e adições minerais.

Agregados

Os agregados na construção civil são materiais de aspecto granular sem forma definida, onde seu tamanho é determinado de acordo com as propriedades que se desejam obter. Levando em consideração que por se tratar de recursos naturais, seu uso não deve ser de maneira desenfreada, por isso a importância de estudos que viabilize a substituição ou adição de novos materiais na massa do agregado.

Segundo Bauer (1994),

O agregado é o material particulado, incoesivo, de atividade química praticamente nula, constituído de misturas de partículas cobrindo extensa gama de tamanhos. O termo “ agregado” é de uso generalizado na tecnologia do concreto; nos outros ramos da construção é conhecido, conforme cada caso, pelo menos nome específico: fíler, pedra britada, bica corrida, rachão, etc (p.63).

Absorção de água nas argamassas

A água é um elemento utilizado nas diversas partes da construção civil, desde a produção de argamassas e concretos e vai até o preparo de alguns tipos de tintas. A água utilizada durante partes dos processos construtivos é parte eliminada no processo final e outra parte absorvida e presente na estrutura dos elementos (SALOMÃO, 2012).

Ao mesmo tempo em que a água é importante nos processos de execução, ao longo da vida útil das argamassas ela pode favorecer a perda de suas características com o tempo. Sabemos que a absorção de água está diretamente ligada à porosidade, ou seja, quanto maior o número de vazios presentes maior será a água adquirida e menor será sua resistência apresentada.

Propriedades do Caulim

O Caulim é um material de tem em sua composição principal a caulinita, faz parte do grupo dos silicatos hidratados de alumínio, que de maneira geral tem coloração branca por possuir baixo teor de ferro. Está entre os 6 minerais mais abundantes no planeta, sendo considerado um dos mais importantes. No Brasil, é bastante utilizado na indústria cerâmica na fabricação de materiais refratários, além de poder ser usado na composição de materiais plásticos, produtos alimentares e farmacêuticos, cosméticos e outras diversas aplicações.

De acordo com FARIAS (2009), apesar de sua composição em maioria ser por parte do mineral caulinita, o caulim pode apresentar ainda outros elementos em sua composição como silício, hidrogênio, alumínio e oxigênio, o que torna sua composição química expressa em termos de óxidos.

Resíduo do Beneficiamento do Caulim

Os processos de beneficiamento do caulim dependem do seu emprego e destino, pois através das características e necessidades do mercado é possível escolher o melhor e mais eficiente método. Existem apenas dois processos para o beneficiamento do caulim, por via úmida e por via seca.

Segundo Luz et al. (2005) o beneficiamento a seco é o menos complexo e é aplicado quando o caulim já possui sua alvura e granulometria adequadas, já o processo por via úmida envolve várias etapas.

As indústrias de produção do caulim em seu beneficiamento são geradas dois tipos de resíduos, um mais grosso que é resultante da separação do quartzo e o minério e responsável por cerca de 70% do volume total e o segundo é o resíduo fino que é resultado da purificação do caulim (ANJOS e NEVES, 2011).

Menezes et al. (2009) ressalta que os resíduos gerados em sua maioria são descartados de maneira inadequada a céu aberto, não atendendo as normas e legislações

vigentes, causando assim uma serie de danos ao meio ambiente e as populações circunvizinhas a esses depósitos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

GRANULOMETRIA

Através dos resultados obtidos nos ensaios de granulometria, o modulo de finura para a areia foi de 4,58 e para o RBC o valor obtido foi de 5,16. Através dos resultados obtidos é possível perceber que o diâmetro efetivo (Def) dos dois agregados são próximos. Para o coeficiente de não uniformidade (Cnu) podemos observar uma diferença entre eles já que para a areia que apresentou um valor inferior a 5, será classificada como muito uniforme e os Resíduos do beneficiamento do caulim, foram classificados como uma uniformidade média, por estarem contidos na faixa de 5 a 15.

O coeficiente de curvatura (Cc) indica o quão bem graduado é esse solo, é necessário estar contido entre 1 e 3. Sabendo disso é possível entender que os dois agregados estão próximos dos valores, assim caracterizando os mesmos como bem graduados. Conclui-se então que o RBC possui características granulométricas semelhantes à da areia, assim em termos granulométricos essa substituição não implica em prejuízos no traço da argamassa.

MASSA ESPECÍFICA DOS GRÃOS

O valor determinado da massa especifica dos grãos tanto da areia quanto o do resíduo do beneficiamento do caulim são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 – Massa específica dos grãos

MASSA ESPECÍFICA (g/cm ³)	
AREIA	RBC
2,61	2,45

Com os resultados apresentados no Quadro 2 é possível perceber que a massa específica dos grãos da areia quanto dos resíduos teve valores próximos. Nota-se que o RBC possui massa inferior à da areia, que provavelmente resultará em uma argamassa

mais leve, trazendo um ganho no manuseio e trabalhabilidade na obra. A massa específica dos resíduos do beneficiamento do caulim encontrada é próxima ao valor obtido pelo estudo feito por Farias (2009).

ABSORÇÃO DE ÁGUA

As massas obtidas dos corpos de prova após a sua cura final e os resultados médios do índice de absorção de água estão exibidos no Quadro 3.

Quadro 3 – Valores médios de absorção de água

ADIÇÃO DE RBC	ABSORÇÃO DE ÁGUA (%)
0%	10,61
20%	10,48
25%	9,93

A partir dos resultados descritos no Quadro 3 é possível sugerir que quando se deseja uma argamassa com menor valor de absorção de água, ou seja, com um menor número de vazios em seu estado endurecido, os melhores valores de adição serão os de 25%. De forma geral, verifica-se uma redução da absorção de água com o aumento do percentual de adição do RBC.

MASSA ESPECÍFICA

O Quadro 4 apresenta os valores médios obtidos pela argamassa em relação a massa específica, onde a argamassa com 25% de adição do resíduo do beneficiamento do caulim obteve o maior valor, com 2,01 g/cm³ e o menor valor foi obtido pelo traço sem adição, ou seja, traço de referência, com valor de massa específica de 1,91 g/cm³.

Quadro 4 – Médias dos valores de massa específica aparente

ADIÇÃO DE RBC	MASSA ESPECÍFICA APARENTE (g/cm³)
0%	1,91
20%	1,98
25%	2,01

A partir dos resultados apresentados no Quadro 4, verifica-se que a adição do resíduo do beneficiamento do caulim contribui no aumento na massa específica aparente da argamassa. Comparando com os resultados obtidos no estudo de Júnior (2018), que utilizou a metacaulinita obtida a partir da calcinação do RBC adicionada ao concreto, é possível entender o aumento da massa específica, esse aumento se deve ao preenchimento dos vazios por partículas de dimensões mais finas proveniente dos resíduos. O preenchimento dos vazios infere diretamente no ganho de massa, que em termos de aplicação, pode dificultar a trabalhabilidade da massa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que a adição de resíduos do beneficiamento do caulim na argamassa, proporciona alterações nas propriedades físicas de forma positiva, sendo assim, viabilizando sua utilização na construção civil sem que haja prejuízos. Quanto a uma argamassa com menor valor de absorção de água sugere-se que se tenham incorporações de 25%, pois através dos dados obtidos foi o traço que melhor desempenhou neste fator. O traço que obteve a maior massa específica e diminuição de seus vazios consecutivamente foi também o com incorporação de 25%, o que reflete na diminuição da absorção de água.

Os resultados desta pesquisa indicaram que a adição do resíduo do beneficiamento do caulim em argamassas é capaz de modificar suas características físicas, melhorando seu desempenho e podendo se tornar uma alternativa viável para a construção civil. Portanto, surge como uma solução mitigadora de minimização das grandes quantidades de resíduos gerados pela indústria do caulim, que depositam de maneira irregular esses rejeitos gerando diversos impactos ambientais, podendo então reduzir os impactos gerados ao meio ambiente.

REFERÊNCIAS

AMBROZEWICZ, P. H. L. Materiais de construção. Editora Pini, 2012

ANJOS, C. M. DOS.; NEVES, G. A. Utilização do resíduo de caulim para a produção de blocos solo-cal. Revista Eletrônica De Materiais E Processos. Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 91- 96, 2011. Disponível em: <http://www2.ufcg.edu.br/revistaremap/index.php/REMAP/article/viewFile/228/199>. Acesso em: 05 set. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 248 - Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9778 – Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por imersão -Índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13281: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13281: Cimento Portland composto - Especificação. Rio de Janeiro, 1991.

BAUER, Luiz Alfredo Falcão. Materiais de Construção - Volume 1 e 2. Rio de Janeiro: LTC Editora, 5ª edição, 1994.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria de consolidação nº5, de 28 de setembro de 2017. Padrão de potabilidade da água. Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil. Brasília. Disponível em: <https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/marco/29/PRC-5-Portaria-deConsolida----o-n---5--de-28-de-setembro-de-2017.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2019

FARIAS, José Osael Gonçalves de. Relatório técnico 39 do perfil do caulim. 2009. Disponível em: http://www.mme.gov.br/documents/1138775/1256650/P28_RT39_Perfil_do_Caulim.pdf/c122682a-3c84-40e8-b7f4-e18894f3d42c. Acesso em: 03 out. 2019.

JÚNIOR, Laerth Nascimento Araujo. Avaliação das Propriedades Físicas do Concreto Com Adição de Metacaulinita Proveniente dos Resíduos de Beneficiamento do Caulim. UNINASSAU CAMPINA GRANDE: Campina Grande – 2018.

LEITE, Florence Rezende et al. Avaliação do ciclo de vida da produção de argamassas com resíduos de beneficiamento de rochas ornamentais (RBRO). 2018. p. 567-571. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/183134>. Acesso em: 02 nov. 2019.

LOBATO, Ana Rita et al. Argamassas fracamente hidráulicas para reparação de rebocos. 2015. p. 159-164. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10362/14830>. Acesso em: 30 out. 2019.

LUZ, A. B., CAMPOS, A. R., CARVALHO, E. A. e BERTOLINO, L. C. Caulim- Usos e Especificações. 2005. LUZ A. B. e LINS F. F (eds) Rochas e Minerais Industriais, 1 ed., cap. 11, pp. 237 – 255. Rio de Janeiro, Brasil, Centro de Tecnologia Mineral. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/1101/1/12%20CAULIMmar%C3%A7o%20Revisado%20B%20ertolino%20e%20Scorzelli.pdf>. Acesso em: 25 set. 2019.

MENEZES, R. R. et al. Atividade pozolânica dos resíduos do beneficiamento do caulim para uso em argamassas para alvenaria. 2009. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola

e Ambiental. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v13n6/v13n6a19.pdf>. Acesso em: 01 set. 2019.

OLIVEIRA, G. C.; Desenvolvimento de Argamassa Colante Utilizando Resíduo de Caulim. Tese de Doutorado em Engenharia Química - Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, Brasil, 2016. p. 16

SALOMÃO, M. F. Estudo da umidade ascendente em painéis de alvenaria de blocos cerâmicos. Uberlândia, 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Uberlândia.

SILVA, A. D. A. D.; ROLIM FILHO, J. L.; BARROS, M. L. S. C.; LIRA, B. B. Aproveitamento de rejeito de calcário do Cariri Cearense na formulação de argamassa. 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/4998>. Acesso em: 18 nov. 2019.