CRIAÇÃO DE REVESTIMENTOS BIOINSPIRADOS A PARTIR DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO

https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081134

MENEGUEL, CAROLINA FROTA[1]; DAPPER, SILVIA TREIN HEIMFARTH
[1]UNIVATES; [2]UNIVATES.
E-MAIL DO AUTOR CORRESPONDENTE: CAROLINA.FROTAMENEGHEL@GMAIL.COM

RESUMO: Este estudo consistiu em desenvolver novo material utilizando resíduos de argamassa e concreto descartados na construção, para aplicação em revestimentos decorativos. Para isso, foi realizada visita à uma obra para coleta dos resíduos que, foram classificados, moídos e submetidos aos ensaios de caracterização. Posteriormente, foram moldados corpos-de-prova com três traços de argamassa, compostas por diferentes proporções de resíduo e areia. Os mesmos foram caracterizados quanto à resistência a compressão e tração na flexão. Para criação, aplicou-se conhecimentos da biônica mediante análise de dois gêneros de orquídeas. Concluiu-se que a utilização dos resíduos como material para revestimentos é uma solução tangível.

PALAVRAS-CHAVES: Reaproveitamento de resíduos da construção civil; Argamassa e concreto; Biônica; Revestimento bioinspirado; *Design*.

ABSTRACT: This study consisted of developing a new material using mortar and concrete residues discarded in construction, for application in decorative coatings. For this, a visit was made to a construction site to collect the residues, which were classified, ground and submitted to characterization tests. Subsequently, specimens were molded with three mortar lines, composed of different proportions of waste and sand. They were characterized as to the resistance to compression and traction in flexion. For creation, knowledge of bionics was applied through the analysis of two genera of orchids. It was concluded that the use of waste as a material for coatings is a tangible solution.

KEYWORDS: Reuse of civil construction waste; Mortar and concrete; Bionics; Bioinspired coating; *Design*.

1 | INTRODUÇÃO

A área da construção civil é responsável por gerar impactos ao meio ambiente e também, por ser grande produtora de resíduos, os quais são originados durante todo o processo, desde a fabricação da matéria-prima até o momento final das obras. Conforme dados da Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição - ABRECON (acesso em 2018), o Brasil desperdiça cerca de 8 milhões de reais por ano, devido ao fato de não reciclar os materiais de maneira adequada.

Em vista disso, o reaproveitamento destes resíduos seria fundamental, ambientalmente, pois teriam aplicabilidade para o desenvolvimento de um novo produto, diminuindo desta forma a quantidade de resíduos no meio ambiente.

Considera-se também a importância social do reaproveitamento, visto que, reduziria a poluição visual e enchentes causadas pelo descarte incorreto e falta de aterros. Assim como, economicamente, pois diminuiria custos durante as obras. Ademais, os revestimentos cimentícios estão sendo cada vez mais empregados, possuindo muitas vantagens, podendo ser utilizados em diversas áreas, tanto externas, quanto internas, devido suas propriedades de alta durabilidade. Além disso, estes revestimentos não necessitam de grandes manutenções.

Atualmente, a preocupação com medidas sustentáveis, com o modo em que os seres humanos estão cuidando do planeta e o consumo sustentável, são questões em evidência. Os revestimentos cimentícios representam um exemplo deste consumo consciente, que visa a sustentabilidade, detendo de um processo artesanal sem gerar poluição. Ainda, em seu desenvolvimento podem ser utilizados resíduos, diminuindo o número dos mesmos que são lançados na natureza.

2 | PROGRAMA EXPERIMENTAL

Para o desenvolvimento deste estudo, foi desenvolvido um programa experimental dividido em quatro etapas. A primeira envolvendo a coleta e determinação dos resíduos. A segunda, a moldagem de corpos de prova, com três traços diferentes. Em sequência, ensaios de caracterização dos corpos de prova. E, a quarta e última etapa, envolveu a metodologia fundamentada na biônica para a etapa criativa e suas fases projetuais. Na primeira etapa do programa experimental foi realizada visita a uma obra na cidade de Guaporé (Rio Grande do Sul), situada na Rua Talles Fillipon, no Residencial Reserva do Bosque.

Os resíduos foram coletados, classificados e pesados. Durante este processo, diversos resíduos e entulhos foram encontrados, como madeiras, restos de tubos e canos, cerâmicas, metais, caixas de papelão, tijolos, entre outros. No entanto, os resíduos encontrados e selecionados em maior quantidade foram os de argamassa e concreto, os quais foram recolhidos e pesados, totalizando 48 kg.

Inicialmente, os resíduos coletados passaram pelo processo de moagem por meio de um Britador da marca Dalpan e em seguida, foram peneirados separando, com o auxílio de uma peneira de abertura de 1,18 mm, os grãos de espessura mais fina dos grãos de espessura mais grossa. A parcela de resíduo com espessura mais fina, foi separada e utilizada para os traços, totalizando 15 kg. Em seguida, foram testados três diferentes traços para argamassa para verificar qual apresentaria as melhores características e propriedades mecânicas.

As misturas foram compostas de cimento CP IV - 32, cal hidratada, agregado miúdo fino e água. O primeiro traço foi definido em 1:1:4, na qual a proporção dos materiais corresponde em sequência as quantias de cimento, cal hidratada e areia, sendo definido como mistura base. O segundo traço, também em 1:1:4, composto de cimento, cal hidratada e com substituição da areia por resíduos, em 50%. E por fim, o terceiro traço, 1:1:4 formado em sequência pelas quantias de cimento, cal hidratada e com a substituição da areia por resíduos em 100% .

Depois, as misturas foram submetidas ao ensaio para a determinação do índice de consistência, caracterizado pela NBR 13276 (2016), com o auxílio de uma mesa

de adensamento por queda. Em sequência, as misturas foram moldadas em formas contendo três corpos de prova por forma, sendo estes de tamanho 160x40x40mm. Após moldadas, as formas passaram pela mesa de adensamento e logo depois de trinta quedas, os corpos de prova foram guardados e desmoldados após 48 horas, conforme a NBR 7215 (1997).

Após 28 dias de cura, foram realizados ensaios de caracterização de argamassa. Inicialmente todas as amostras passaram por ensaio de tração na flexão de acordo com a NBR 13279 (2005). Em seguida, teste de resistência à compressão conforme a NBR 13279 (2005). Além disso, executaram-se os ensaios de granulometria e de massa específica com a areia e o resíduo que foram utilizados nas misturas. O ensaio de granulometria foi realizado segundo a NBR NM 248, sendo feito em três etapas, primeiramente com a areia (mistura base), em seguida com areia e resíduo (mistura 50%) e, por fim, somente com resíduo (mistura 100%). Todos os ensaios ocorreram com a massa inicial de 500g e para os mesmos utilizou-se em sequência as peneiras com abertura de 2,36 mm, 1,18 mm, 600 µm, 300 µm, 150 µm e um fundo.

Em seguida, realizou-se também, o ensaio de massa específica, determinado pela NBR 9776. Assim como, o ensaio de granulometria, o mesmo ocorreu em três fases, primeiramente com a areia (mistura base), em seguida com areia e resíduo (mistura 50%) e, por fim, com resíduo (mistura 100%). Todas as amostras com a massa inicial de 500g. Para este ensaio, utilizou-se um frasco de Chapman, o qual foi preenchido com água até a marca de 200 cm^3, após as amostras foram inseridas no frasco com o auxílio de um Becker e o mesmo foi agitado com o intuito de eliminar possíveis bolhas de ar que poderiam interferir na leitura final. Por fim, a leitura do nível atingido pela água indicando o volume total da união das amostras com a água, a massa específica de cada amostra foi calculada por meio da expressão

$$\gamma = \frac{500}{L-200} \qquad \text{Equação 1}$$

Para o presente estudo e desenvolvimento dos revestimentos decorativos, foi escolhida a metodologia de Kindlein Junior & Guanabara (2005), a qual tem como ênfase a criação de produtos incorporando novas alternativas fundamentadas na biônica. Segundo Kindlein Junior & Guanabara (2005), a biônica é uma ciência que analisa e estuda os princípios, propriedades e procedimentos dos elementos e sistemas presentes na natureza, com o intuito de criar produtos inovadores. Esta metodologia é segmentada em etapas consecutivas que auxiliam e viabilizam uma composição lógica e sistemática para o desenvolvimento de produtos, isto é, seleção da amostra, coleta da amostra, preparação e observação da amostra e parametrização. A partir da definição da metodologia da etapa criativa, as fases foram seguidas visando a criação do produto final, incorporando novas alternativas fundamentadas no estudo e metodologia da biônica.

3 | APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A partir do programa experimental desenvolvido no capítulo anterior, referente a materiais e métodos, com a visita a obra, os resíduos encontrados foram coletados,

classificados e pesados. Em sequência, foram moldados corpos de prova com três traços diferentes para a definição do material com as melhores propriedades para o produto final. Além disso, após 28 dias, realizaram-se ensaios de caracterização dos corpos de prova com o intuito de verificar resistência a tração e compressão, e também, os ensaios de granulometria e massa específica.

Também, em relação a etapa criativa a partir da metodologia fundamentada na biônica, as fases projetuais foram seguidas em sequência, com a seleção da amostra por meio de pesquisas, coleta da amostra na natureza, preparação e observação mediante desenhos e ferramentas criativas, e pôr fim a parametrização. Os resultados e escolhas estão apresentados e observados neste capítulo.

3.1 Classificação dos resíduos

Após a classificação e a moagem dos resíduos, foi realizado o ensaio de granulometria para determinar a distribuição dos tamanhos de grãos de cada uma das misturas, isto é, areia (mistura base), areia e resíduo (mistura 50%) e resíduo (mistura 100%), para a elaboração da curva granulométrica. Os resultados podem ser vizualizados nas curvas granulométricas na Figura 1 a seguir.

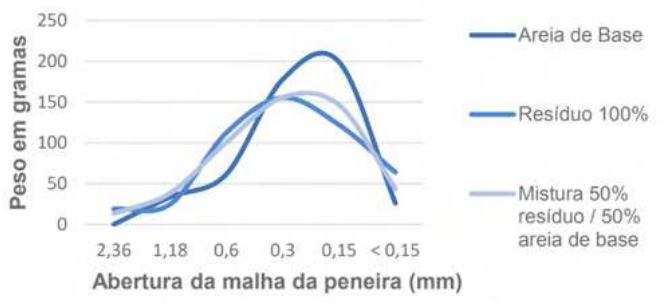


Figura 1 - curva granulométrica.

Fonte: elaborada pela autora (2019).

Ademais, assim como o ensaio de granulometria, também foi realizado o ensaio de massa específica com cada uma das misturas. Após este ensaio, com os resultados marcados no frasco de Chapman, foi realizado o cálculo para cada uma das misturas e obteve-se a massa específica da areia de base como 2,63 g/cm^3, da areia e resíduo como 2,5 g/cm^3 e, por fim, do resíduo como 2,57 g/cm^3.

3.2 Resultados ensaios de caracterização

Após 28 dias, os corpos de prova das argamassas foram submetidos aos ensaios de caracterização para verificar resistência a tração na flexão e compressão. Em relação a cor e textura, não notou-se grande diferença entre os corpos-de-prova. O ensaio destrutivo de tração na flexão foi realizado em consonância com a NBR 13279 (2005). Foram executados três ensaios, sendo repetido três vezes para cada uma das amostras. De acordo com os resultados, observou-se que o material com substituição de areia por

resíduo em 50% atingiu maior resistência à tração na flexão, desta forma suportando maiores forças do que as demais argamassas (Figura 2 e Figura 3).

Corpo de prova	Força máxima (N)	Resistência na flexão (Mpa)
M BASE	758.39	1.78
M 50	898.83	2.10
M 100	646.04	1.51

Figura 2 - Média relatório de ensaio de tração na flexão.

Fonte: elaborada pela autora (2021).

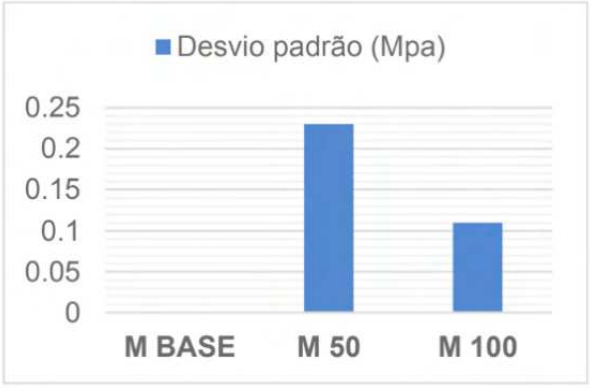


Figura 3 - Desvio padrão ensaio de tração na flexão.

Fonte: elaborada pela autora (2021).

Conforme os resultados obtidos a mistura base e a mistura 100% classificaram-se como R2, já a mistura 50% classificou-se como R3. Em relação aos materiais testados, cada um deles é distinto do outro, de acordo com análise estatística ANOVA com 95% de confiança (Valor-p < 0,05). Sucessivamente ao ensaio de tração na flexão, com parte dos corpos-de-prova rompidos, realizou-se o ensaio de compressão de acordo com a NBR 13279 (2005). Os resultados de média e desvio padrão deste ensaio, estão expostos nas Figuras 4 e 5. Conforme o ensaio realizado, constatou-se que as amostras com a mistura base atingiram melhor resistência à compressão, tendo o CP3 com a maior carga máxima de ruptura.

Corpo de prova	Força máxima (N)	Resistência na flexão (Mpa)
M BASE	13117.36	8.2
M 50	12387.06	7.74
M 100	11263.51	7.28

Figura 4 - Média relatório de ensaio de compressão.

Fonte: elaborada pela autora (2021).

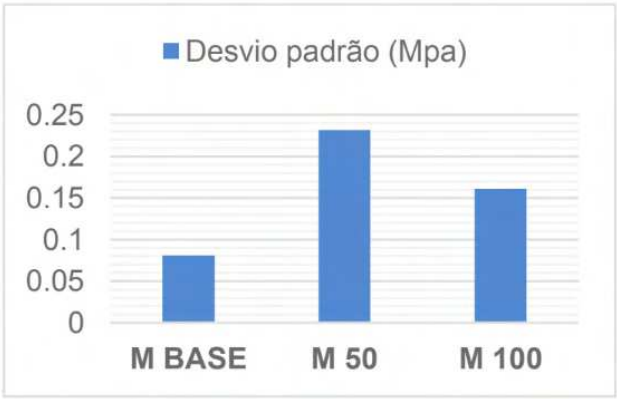


Figura 5 - Desvio padrão ensaio de compressão.

Fonte: elaborada pela autora (2021).

3.3 Resultados etapa criativa

Primeiramente foi realizada a seleção da amostra natural que serviu como fonte de inspiração. Por meio pesquisas bibliográficas e coleta de informações, foram escolhidos dois gêneros de orquídea: *Paphiopedilum e Zygopetalum*. Em seguida, ocorreu a visita ao Orquidário Bella Orquídea, onde as amostras foram recolhidas e, logo após, preparadas e observadas. Na terceira fase, as orquídeas foram separadas em partes para uma análise mais detalhada de cada uma. Posteriormente, foram realizados desenhos de observação e em sequência, os desenhos selecionados foram vetorizados por meio do *software*. No total foram desenvolvidas quatro vetorizações.

Logo depois, as alternativas vetorizadas foram repetidas formando padronagens. Em seguida, foram convertidas em peças 3D por meio de *software* e impressas em poliácido láctico - PLA. Depois, as peças impressas serviram de modelo para molde confeccionado em borracha de silicone azul PS. Os moldes de silicone ficaram prontos após 24 horas de cura. A partir dos moldes de silicone finalizados, a argamassa de traço 1:1:4, composto de cimento, cal hidratada e com substituição da areia por resíduos, em 50%, foi preparada e depositada nos moldes, sempre cobrindo a mais que o nível final, com o intuito de a mistura assentar de maneira homogênea ao serem dispostos na mesa vibratória de adensamento. Após 5 segundos na mesa de adensamento, os moldes foram nivelados na parte superior e o resultado final obteve-se após 24 horas

de cura da argamassa (Figura 6 e Figura 7).

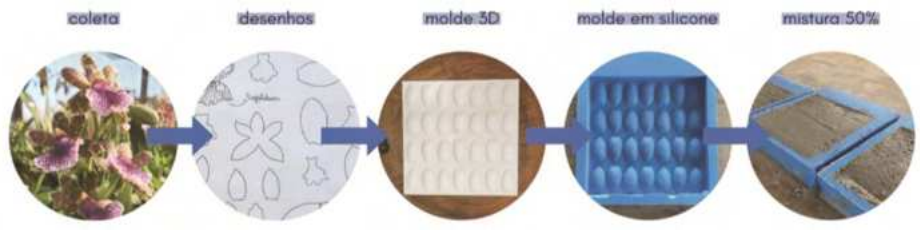


Figura 6 - Processo etapa criativa.

Fonte: elaborada pela autora (2021).



Figura 7 - Processo etapa criativa.

Fonte: elaborada pela autora (2021).

4 | CONCLUSÃO

Considera-se de grande importância projetar, analisando todas as fases de um produto, visando diminuir os impactos em todo seu ciclo, com processos ecologicamente eficientes, que não agridam o meio ambiente. Ademais, é fundamental que os resíduos tenham correta destinação, podendo ser reutilizados, reduzindo a extração de recursos naturais, diminuindo a poluição e, consequentemente, auxiliando na baixa de custos da obra. Em relação aos materiais analisados, conclui-se que a utilização dos resíduos como material para revestimentos decorativos é de grande importância e representa um destino ecologicamente responsável ao resíduo.

Os três materiais testados obtiveram bons resultados, no entanto, a mistura com substituição da areia por resíduos em 50% atingiu bons resultados em relação a resistência mecânica, aliada a possibilidade dar um novo destino às argamassas que haviam sido descartadas, sendo assim a melhor opção para o produto final. Além disso, para a continuação deste estudo são necessários ensaios de durabilidade para a verificação da capacidade dos mesmos, em desempenhar suas funções em ambientes externos e internos ao longo do tempo.

REFERÊNCIAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276:** Informação e documentação: Referências: Elaboração. Rio de Janeiro, 2016.

2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215:** Informação e documentação: Referências: Elaboração. Rio de Janeiro, 1997.

3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279:** Informação e documentação: Referências: Elaboração. Rio de Janeiro, 2005.

4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248:** Informação e documentação: Referências: Elaboração. Rio de Janeiro, 2018.

5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9776:** Informação e documentação: Referências: Elaboração. Rio de Janeiro.

6. JUNIOR, W. K.; GUANABARA, A. S. **Methodology for product design based on the study of bionics.** Elsevier, Materials and Design 26 (2005) 149–155. Disponível em: <https://www.journals.elsevier.com/materials-and-design> Acesso em: 19 abr. 2019.

7. ABRECON. **Brasileiro produz por ano meia tonelada de resíduos de construção civil**. Disponível em <https://abrecon.org.br/brasileiro-produz-por-ano-meia-tonelada-de-residuos-de-construcao-civil/>. Acesso em 22 nov. 2018.