

INFLUÊNCIA DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DA VINHAÇA COM CIMENTOS PORTLAND: CP ARI- V E CP II- Z COM POZOLANA

Maryane Pipino Beraldo de ALMEIDA¹
Jacqueline R. Tamashiro Berguerand XAVIER²
Elton Aparecido Prado dos REIS³

RESUMO: Este projeto de pesquisa em nível de iniciação científica, foi desenvolvida junto ao Grupo de Pesquisa em Desenvolvimento de Materiais Sustentáveis a partir de Cargas Residuais, do Centro Universitário Toledo de Presidente Prudente. Objetivou-se com o desenvolvimento deste, dosar, fabricar e analisar a resistência à compressão em concretos compostos por diferentes tipos de aglomerantes, os cimentos Portland (CP V-ARI e CP II-Z) e como o agente hidratante em substituição à água, a vinhaça in natura da cana-de-açúcar. A metodologia envolveu o estudo sistemático de referenciais teóricos e o estudo da fabricação dos corpos de prova; análises de caracterização da matéria-prima, das proporções em massa dos constituintes – concreto referência e com substituição por vinhaça – e ainda, da caracterização física e a avaliação de acordo com as normas da ABNT. Tal pesquisa foi baseada na dissertação a nível de Mestrado da colaboradora Ma. Jacqueline R. T. B. Xavier, onde foram estudados os protótipos com resíduos de concreto de construção civil, comprovando que a inserção da vinhaça aumenta a resistência. Sendo assim, o desenvolvimento deste novo material poderá contribuir na diminuição dos impactos causados ao meio ambiente pelo descarte inadequado deste resíduo, já que a vinhaça é 100 vezes mais poluente que o chorume orgânico que é uma problemática da Região do Oeste Paulista.

Palavras-chave: Concreto. Construção civil. Vinhaça. Cana-de-açúcar. Resíduo.

¹ Discente do 5º ano do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário “Antonio Eufrásio de Toledo” de Presidente Prudente. E-mail maryane_beraldo@hotmail.com. Bolsista do Programa de Iniciação Científica PIBIC.

² Arquiteta e Urbanista. Mestra em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional pela Universidade do Oeste Paulista (Unoeste), Presidente Prudente, SP. E-mail jtamashiro@outlook.com.br. Coautora do trabalho.

³ Docente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Antônio Eufrásio de Toledo de Presidente Prudente. Doutor em Ciência e Tecnologia de Materiais do programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Materiais (POSMAT) da Universidade Estadual Paulista. E-mail elton.reis@toledoprudente.edu.br Orientador do trabalho.

1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar se tornou um dos principais produtos agrícolas no Brasil e está diretamente ligada ao desenvolvimento socioeconômico do país. Este cultivo gera diversos subprodutos importantes, dentre eles a vinhaça, um resíduo geralmente reutilizado como fertilizante, entretanto, devido a presença de matéria orgânica, é considerado prejudicial ao meio ambiente.

O principal objetivo desse trabalho é a realização de um estudo acerca da utilização da vinhaça junto ao Cimento Portland, a fim de gerar um novo material com propriedades mecânicas, térmicas e morfológicas relevantes, para que possa ser direcionado a aplicações tecnológicas e industriais. Desta forma o estudo torna-se importante, já que poderá contribuir para a diminuição dos impactos causados pelo descarte inadequado do resíduo e também possibilitar na geração de um novo material que por sua vez poderá contribuir na geração de novos empregos ao setor.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O cultivo da cana-de-açúcar se dá desde a época da colonização, se tornando um dos principais produtos agrícolas do Brasil. A cultura da cana-de-açúcar e a produção de seus derivados são de extrema importância já que estes estão diretamente ligados ao desenvolvimento socioeconômico do país (BAFFA, FREITAS e BRASIL, 2009; LIMA, SALES, ALMEIDA, MORETTI e PORTELA, 2011).

Atualmente, o Brasil é líder mundial em produção de cana-de-açúcar, possuindo cerca de 411 usinas de açúcar e álcool e produzindo aproximadamente 560 milhões de toneladas de cana por ano, somando 23 milhões de litros de etanol e 36 milhões de toneladas de açúcar (NOVACANA, 2018; NORDESTE RURAL, 2018). Há outros produtos originados dessa cultura que também devem ser evidenciados, são a aguardente (muito consumida), o bagaço (que é utilizado principalmente como fonte de energia), a vinhaça (que serve de fertilizante), o plástico e o papel. (BAFFA, FREITAS e BRASIL, 2009).

A vinhaça, restilo ou vinhoto é um líquido residual, originada da produção do álcool, sendo assim, produto da calda na destilação do vinho, após a fermentação mosto. Em muitos países também é gerada como subproduto da produção de álcool; tendo em vista a matérias-primas diferentes (cana-de-açúcar, café, cenoura e beterraba). Sua produção varia em média, à razão de aproximadamente 13 a 18 litros por litro de álcool destilado. Apesar da sua consistência líquida ela é considerada como um resíduo sólido pela NBR 10.004 da ABNT (2004), já que não há solução para o seu tratamento como resíduo dentro dos padrões exigidos pela lei (CETESB, 2015; AIMARETTI e YBALO, 2012; BAFFA, FREITAS, 2009; FREIRE e CORTEZ, 2000; ROSSETTO, 1987).

A composição da vinhaça depende do tipo de vinho destilado, da natureza ou matéria-prima, do método de fermentação, destilação e depuração, do sistema de condução, da levedura, dos equipamentos utilizados, podendo então variar (CASTRO, 2011; GLÓRIA e ORLANDO FILHO, 1984). Já o constituinte principal da vinhaça é a matéria orgânica, basicamente sob a forma de ácidos orgânicos e, em menor quantidade, por cátions como o potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) (SEIXAS et al., 2016; CANELLAS et al., 2010; ROSSETTO, 1987; BAFFA, FREITAS, 2009). É um resíduo muito reaproveitável como fertilizante, devido aos altos níveis de nutrientes e matéria orgânica (25 a 30 kg/m³ de matéria orgânica de baixo peso molecular) (DEMATTE, 2015; CUNHA et al., 1981).

Segundo Dematte (2015), o elevado teor de matéria orgânica tende a impermeabilizar o solo no período de seca, aumentando significativamente a coesão e dificultando as operações agrícolas. Observando todos os efluentes líquidos da indústria sucroalcooleira, a vinhaça é a que possui maior carga poluidora e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) variando de ~20000 a 35000 mg/L., portanto, considerada nociva à fauna e flora, microfauna e microflora de águas doces, tornando importante o estudo de aproveitamento da vinhaça importante, a fim de evitar o descarte inadequado no meio ambiente (ROSSETTO, 1987).

3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada nesta pesquisa teve como base a análise em referencial teórico, bibliográfico e documental; investigações e abordagens quantitativas; procedimentos experimentais e descritivos de cada etapa a ser realizada.

3.1 Materiais e Traço das Amostras

Para a fabricação dos compósitos, foi utilizado o cimento específico, agregado graúdo de origem basáltica, de graduação nº1 com $D_{máx}=19\text{mm}$, o agregado miúdo foi a areia natural com $D_{máx}=4,8\text{mm}$ e a água utilizada é a fornecida pela rede de abastecimento.

O traço unitário do concreto utilizado, em massa, foi de 1: 2: 3: 0,6 (cimento: areia: brita: água) e teor de argamassa igual a 50%. Este traço foi definido através de parâmetros e recomendações da NBR 6118 (2014).

3.2 Processo de Fabricação

Para tal experimento, foram ensaiados 24 corpos de prova cilíndricos para cada tipo de cimento (CPII-Z e CP ARI-V), sendo 12 fabricados com água e 12 fabricados com vinhaça, permitindo a análise e comparação do comportamento dos mesmos. Dentro de cada amostra de 12 de corpos de provas, os mesmos foram divididos em grupos (**Tabela 1**) a fim de se ter tempos diferentes de cura para o rompimento, isso se repetiu para todas as amostras.

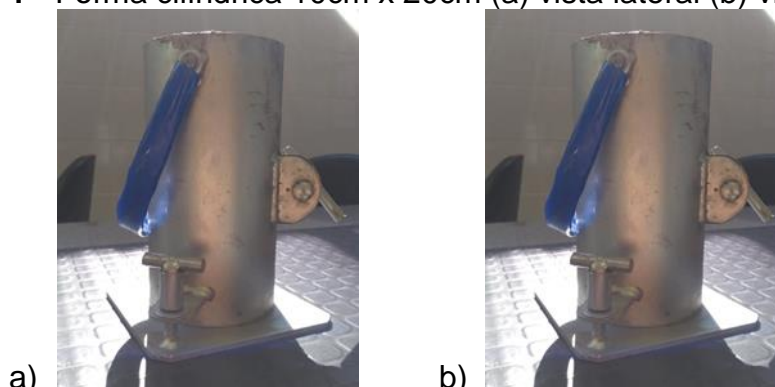
Tabela 1- Sequência dos Corpos de Prova

GRUPO 1 7 dias de cura	GRUPO 2 14 dias de cura	GRUPO 3 21 dias de cura	GRUPO 4 28 dias de cura
CP1	CP4	CP7	CP10
CP2	CP5	CP8	CP11
CP3	CP6	CP9	CP12

Fonte: A autora (2019).

O processo de fabricação, moldagem e cura aconteceu da mesma maneira para todos os corpos de provas de acordo com a ABNT NBR 5739 (2018) que define que para formas de moldagem e cura de corpos de provas cilíndricos de concreto, os moldes devem ter altura igual ao dobro do diâmetro. Portanto, os moldes utilizados foram metálicos com dimensões de 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura, conforme as **Figuras 1 a e b**. Para facilitar o desmolde dos corpos de prova, aplicou-se óleo mineral em toda superfície interior da forma.

Figura 1 - Forma cilíndrica 10cm x 20cm (a) vista lateral (b) vista superior



Fonte: A autora (2019).

Todos materiais necessários foram devidamente separados e pesados em balança digital, antes da concretagem. A mistura foi realizada em uma betoneira com capacidade de 200L, que ficou ligada até que a massa ficasse com uma textura heterogênea.

Antes da moldagem, foi realizado o ensaio de consistência do concreto, através do abatimento do tronco de cone, que é medido obedecendo a NBR NM 67 (1998), mais conhecido como *Slump Test*, que consiste em dividir a massa de concreto fresco em três partes e depositar, uma de cada vez, em um molde no formato de tronco de cone metálico com o auxílio de uma concha padronizada. Cada parte de massa depositada recebeu 25 golpes com uma haste metálica de

adensamento. O molde foi retirado e mediu-se o abatimento que é a diferença entre a altura do molde e o escoamento do concreto, conforme mostra a **Figura 2**. O resultado de cada amostra está disposto na **Tabela 2**, a seguir.

Figura 2 - Ensaio de abatimento de tronco de cone



Fonte: A autora (2019).

Tabela 2 - Abatimento do tronco de cone (*slump test*)

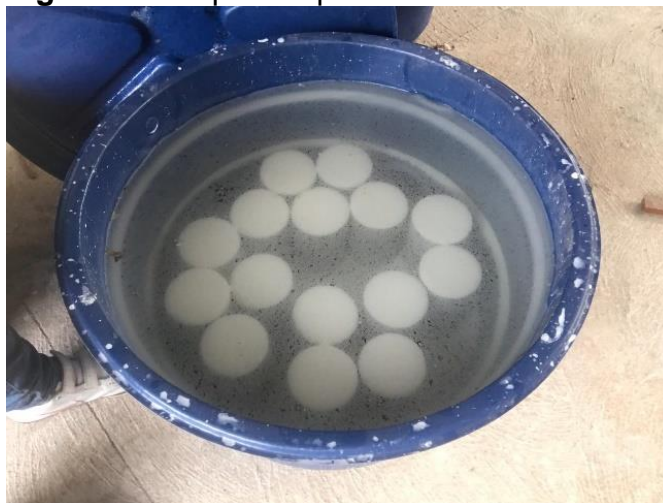
Traços	Abatimento (em cm)
CP ARI-V com água	9
CP ARI-V com vinhaça	10
CPII-Z com água	12
CPII-Z com vinhaça	8

Fonte: A autora (2019).

Após a realização do ensaio de abatimento, os corpos de prova foram moldados através de adensamento manual, ou seja, foi colocado metade do volume de concreto na forma e adensado com 12 golpes, em seguida preencheu-se volume restante da forma e adensou-se da mesma maneira que anteriormente, regularizando sua superfície superior.

Com a finalização da moldagem, os corpos de prova foram acomodados em local protegido de sol e vento por 24 horas. Após isso, foram desmoldados e depositados em um tanque para a cura submersa em solução saturada com hidróxido de cálcio, à temperatura ambiente, de acordo com o tempo de cura de cada grupo. A **Figura 3** apresenta alguns dos compósitos em cura.

Figura 3 - Corpos de prova em cura submersa



Fonte: A autora (2019).

Após a realização dos corpos de prova, verificou-se irregularidade na superfície dos corpos de prova, e então foram realizados o capeamento (revestimento do topo) dos corpos de prova, com pasta de cimento, com espessura inferior a 3 mm, conforme a norma ABNT NBR 5738/2015, retratados pela **Figura 4** a seguir.

Figura 4 - Capeamento dos corpos de prova



Fonte: A autora (2019).

3.3 Ensaio de Resistência à Compressão

Após realizados os capeamentos, os corpos de prova foram submetidos a ensaios mecânicos (compressão) até a ruptura de acordo com a norma NBR 5739/2007. Através desta técnica foi possível avaliar as propriedades mecânicas dos compósitos, averiguando-se a influência do resíduo. Para a ruptura, foi utilizado o equipamento de ensaios mecânicos da marca INSTRON EMIC modelo 23-100, conforme mostra a Figura 5, com acionamento elétrico e indicador digital de leitura e capacidade máxima de carga até 1 MN, pertencente ao Centro Universitário Toledo, situado na cidade de Presidente Prudente – SP, identificado na **Figura 5**.

Figura 5 - Equipamento INSTRON EMIC modelo 23-100



Fonte: A autora (2019).

4 RESULTADOS

Realizados os ensaios e verificando-se a resistência obtida com cada corpo de prova, obteve-se uma média de tensão conforme mostra o **Quadro1**.

Quadro 1 - Resistência à compressão dos concretos ensaiados (em MPa)

CPV-ARI com água		CPV-ARI com vinhaça		CPII-Z com água		CPII-Z com vinhaça	
Tempo de cura	Resist. média (Mpa)	Tempo de cura	Resist. média (Mpa)	Tempo de cura	Resist. média (Mpa)	Tempo de cura	Resist. média (Mpa)
7 dias	15,79	7 dias	22,22	7 dias	12,23	7 dias	15,07
14 dias	19,36	14 dias	26,51	14 dias	15,67	14 dias	15,13
21 dias	21,30	21 dias	29,23	21 dias	18,94	21 dias	20,81
28 dias	21,65	28 dias	32,05	28 dias	20,53	28 dias	26,03

Fonte: A autora (2019).

5 CONCLUSÃO

Diante dos resultados obtidos nesta pesquisa, verificou-se que ao substituir a água por vinhaça foi observado, aos 28 dias de cura, o aumento significativo da resistência mecânica para as amostras. Portanto, mesmo apresentando comportamentos diferentes, todas as amostras seguiram com tendência crescente de resistência à compressão mecânica. O desempenho de resistência à compressão mecânica dos concretos fabricados com vinhaça, foram superiores aos fabricados com água.

Foi possível observar e comparar o comportamento das amostras no tempo de pega da pasta, onde houve uma sensível diferença entre as amostras feitas com água e as amostras feitas com vinhaça. As amostras compostas com vinhaça tiveram um tempo de pega maior e este comportamento pode estar associado à presença de sacarose da vinhaça na massa de concreto.

Portanto, em vista dos resultados encontrados acerca da caracterização física e estrutural das matérias-primas; verificou-se que o traço destas composições com vinhaça é promissor e tecnicamente viável. A pesquisa aponta a viabilidade técnica na fabricação de concreto com um resíduo do setor sucroalcooleiro e contribui, de maneira positiva, na minimização de impactos oriundos do descarte inadequado destes resíduos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

_____, ABNT. Classificação dos resíduos sólidos: **NBR 10004**. Rio de Janeiro, 2004.

_____, ABNT. Concreto – ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos: **NBR 5739**. Rio de Janeiro, 2007.

_____, ABNT. Concreto – procedimento para moldagem e cura de corpos de prova: **NBR 5738**. Rio de Janeiro, 2008.

AIMARETTI, N.; YBALO, C. Valorization of carrot and yeast discards for the obtention of ethanol. **Biomass and Bioenergy**, [s.l.], v. 42, p.18-23, jul. 2012.

BAFFA, D. C. F.; FREITAS, R. G.; BRASIL, R. P. C. **O uso da vinhaça na cultura da cana-de-açúcar**. 2009.

CANELLAS, L. P. et al. Soil organic matter and nutrient pools under long-term non-burning management of sugar cane. 2010. **European Journal of Soil Science**, 61, 375-383.

CASTRO, H.F. Indústrias Sucroalcooleiras. **Apostila de processos químicos industriais II**. Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de Lorena- EEL. 2011.

CETESB. **Norma Técnica: P4.231**. Vinhaça – Critérios e procedimentos para aplicação no solo agrícola. v.2; 3 ed., p.15, 2015.

DEMATTE, J.L.I. **Vinhaça na agroindústria da cana-de-açúcar "Nadir Almeida da Glória"**. Nutrição complementar em área de vinhaça. ESALQ, USP. Ribeirão Preto, 2015.

FREIRE, W. J.; CORTEZ, L. A. B. **Vinhaça de cana-de-açúcar**. Agropecuária, Guaíba, p. 203, 2000.

GLÓRIA, N. A., ORLANDO FILHO, J. Aplicação de vinhaça: um resumo e discussões sobre o que foi pesquisado. **Álcool e Açúcar**, v. 4, n. 15, 1984.

LIMA, S. A., SALES, A.; ALMEIDA, F. C. R.; PORTELLA, K. F. **Concretos com cinza do bagaço da cana-de-açúcar: avaliação da durabilidade por meio de ensaios de carbonatação e abrasão**. 2011.

NOVA CANA. **As usinas de açúcar e etanol do Brasil**. Disponível em: <https://www.novacana.com/usinas_brasil/>.

NORDESTE RURAL. **O Brasil é líder mundial em produção de cana-de-açúcar**. Disponível em: <<http://nordesterural.com.br/o-brasil-e-lider-mundial-em-producao-de-cana-de-acucar/>>.

ROMANO, C. A. **Manual de tecnologia do concreto**. 2004. 102 f. Manual (Graduação) - Engenharia de Produção Civil, Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, 2004.

ROSSETTO, A. J. Utilização agrônômica dos subprodutos e resíduos da indústria açucareira e alcooleira. **In: Paranhos, S.B.** (ed.). Cana-de-açúcar: cultivo e utilização. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v.2

SEIXAS, F.L et al. **Tratamento da vinhaça por adsorção em carvão de bagaço de cana-de-açúcar**. Departamento de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá. Coordenação do Curso Superior de Tecnologia em Processos Químicos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana-PR, 2016.