

Evento: XXX Seminário de Iniciação Científica.

IMPACTO DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DA AGUÁ PELO SORO DO LEITE EM MISTURAS DE ARGAMASSAS DE CIMENTO PORTLAND

IMPACT OF PARTIAL REPLACEMENT OF WATER BY WHEY ON MIXTURES OF MORTAR AND CONCRETE

Daniel Luis Holz (1); Paula Bellé Blume (2); Ana Júlia Martins Gramville (3); Angela Lassen (4); Diorges Carlos Lopes (5)

(1) Aluno do curso de Engenharia Civil, Bolsista do PET – Programa de Educação Tutorial na UNIJUI. daniel.holz@sou.unijui.edu.br

(2) Aluno do curso de Engenharia Civil, Bolsista do PET – Programa de Educação Tutorial na UNIJUI. paula.blume@sou.unijui.edu.br

(3) Aluno do curso de Engenharia Civil, Bolsista do PET – Programa de Educação Tutorial na UNIJUI. ana.gramville@sou.unijui.edu.br

(4) Aluno do curso de Engenharia Civil, Bolsista do PET – Programa de Educação Tutorial na UNIJUI. angela.lassen@sou.unijui.edu.br

(5) Professor do curso de Engenharia Civil da UNIJUI, tutor do Programa de Educação Tutorial na UNIJUI.

INTRODUÇÃO

A reutilização do resíduo do soro do leite, um subproduto da indústria de laticínios se tem como uma proposta cabível visando a redução do impacto ambiental causada no pelo descarte desta substancia. Em estudos anteriores foi ressaltado que as propriedades do soro do leite utilizado como um aditivo em concretos e argamassas poderia garantir propriedades em seu estado fresco e endurecido, como alteração no tempo de pega, consistência e maiores índices de resistência, proporcionando assim uma redução da quantidade de cimento a ser utilizada nestas misturas. O presente estudo investiga as variações em estado fresco e de resistência de argamassas e concretos de cimento quando a água destas misturas foi substituída por diferentes proporções do resíduo. Os resultados obtidos com os experimentos mostraram é possível se ter altas variações da consistência da mistura, alterações em seu tempo de pega e em misturas em que a substituição efetuada até o percentual de 20% da adição de soro do leite garantiu um aumento de resistência aos 28 dias de cura. Essas alterações nas características destas argamassas são explicadas ao se discutir sobre a lactose (açúcar do leite) disponível no soro do leite, este que atua como um agente retardador das misturas ensaiadas.

METODOLOGIA

Para a elaboração dos experimentos foram utilizados o cimento Portland do tipo CP-II F, um tipo de cimento de uso geral selecionado devido à popularidade em enquanto o resíduo



de soro líquido foi fornecido pela empresa LATPASSOS, fabricante de queijo em Três Passos – Rio Grande do Sul.

Todos os processos de mistura e adição do soro do leite no estudo de foram realizados manualmente. A mistura de argamassa, composta por cal, cimento, água, areia e resíduos de soro de leite, foi preparada misturando a cal a pasta de cimento. Inicialmente, uma argamassa foi preparada com uma substituição de 50% do teor de água pelo soro de leite, onde as primeiras variações em sua consistência e tempo de pega foram constadas, a partir disso, para a obtenção de resultados mais detalhados, diferentes proporções do soro foram sendo adicionadas.

Foram realizados ensaios para determinar o índice de consistência normal da pasta da argamassa, este que analisa duas importantes características do cimento Portland: consistência e tempo de pega da mistura. Desta forma, se definiu um determinado traço para esta mistura, onde se estabeleceu uma relação de água cimento de 0,48, valor estabelecido na NBR 7215 (2019), a partir desta mistura padrão onde se empregou apenas o uso de água, foram definidas as substituições parciais deste componente pelo soro de leite, sendo assim seis tipos de argamassas diferentes foram definidos, para a partir disto, definir os ensaios a partir destes parâmetros.

O primeiro ensaio realizado, foi o de consistência, as variações desta propriedade foram analisadas a partir do uso do ensaio de mesa FlowTable (NBR 13276), os resultados obtidos neste estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados do ensaio da mesa de FlowTable.

Amostra	Quantidade de Soro (ml)	Quantidade de Cimento (g)	Quantidade de Água (ml)	Relação Água-Soro/Cimento	Resultado do Ensaio em Diâmetro (mm)
CP-II F s/ uso de soro	0	300	310	0,48	263mm
CP-II F c/ 20% de soro	62	300	258	0,48	268mm
CP-II F c/ 40% de soro	124	300	186	0,48	272mm
CP-II F c/ 60% de soro	186	300	124	0,48	284mm
CP-II F c/ 80% de soro	258	300	62	0,48	289mm
CP-II F c/ 100% de soro	310	300	0	0,48	290mm

A segunda característica que foi analisada no presente estudo, foi a das variações do tempo de pega em cada uma das misturas de cimento estabelecidas, estas análises foram realizadas a partir do uso do ensaio de Vicat (NBR NM 65), os tempos obtidos neste ensaio estão apresentados na Tabela 2.



Tabela 2 – Resultados dos ensaios de Vicat.

Amostra	Início de pega	Fim de pega
CP-II F s/ uso de soro	2h 31m	3h 58m
CP-II F c/ 20% de soro	2h 42m	4h 13m
CP-II F c/ 40% de soro	2h 51m	4h 25m
CP-II F c/ 60% de soro	3h 11m	4h 33m
CP-II F c/ 80% de soro	3h 23m	4h 52m
CP-II F c/ 100% de soro	3h 28m	5h 09m

Para a determinação dos índices de resistência das amostras foram confeccionados corpos de prova de tamanho 50mm por 100mm e foram seguidos todos os parâmetros estabelecidos na NBR 7215 (2019). Para estes ensaios de compressão foram moldados 72 corpos de prova, seis para cada amostra cujos rompimentos se deram em 7 dias e posteriormente aos 28 dias. Os resultados obtidos estão estabelecidos na média dos três rompimentos obtidos e estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 1 – Resultados dos ensaios de compressão em 7 e 28 dias.

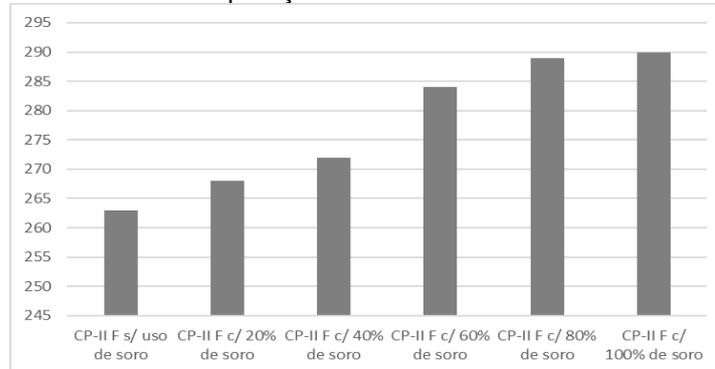
Amostra	Tensão (Mpa) 7 dias	Tensão (Mpa) 28 dias
CP-II F s/ uso de soro	4,813	7,542
CP-II F c/ 20% de soro	5,012	8,354
CP-II F c/ 40% de soro	5,146	8,245
CP-II F c/ 60% de soro	4,939	7,102
CP-II F c/ 80% de soro	4,917	7,987
CP-II F c/ 100% de soro	5,058	7,679

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As respostas dos ensaios de compressão, dependem do tempo de cura, influenciado pelo efeito retardador da lactose (açúcar do soro do leite). O açúcar, a muito tempo já é conhecido como um aditivo retardador em misturas de cimento (Neville 1995). Com base em resultados experimentais Thomas e Birchall (1983), determinaram que a presença de açúcar aumenta a solubilidade assim, o próprio açúcar não é absorvido pelas superfícies dos produtos em hidratação. Esta característica pode ser observada no Gráfico 1, com a variação da consistência no ensaio de FlowTable.



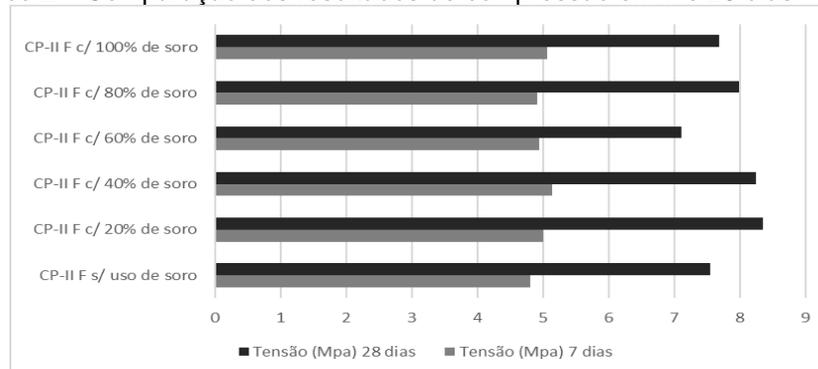
Gráfico 1 – Comparação dos resultados de consistência.



Como o açúcar então não é absorvido pelas superfícies dos produtos em hidratação isto garante uma contribuição para retardar seu crescimento, permitindo uma concentração muito maior de Ca^{2+} íons coexistem em solução com o silicato, hidróxido-aluminato sem causar precipitação. Esta análise pode ser constatada nas alterações de tempo de pega obtidas através dos ensaios de Vicat, Dados apresentados na Tabela 1.

Diferentes respostas de compressão nas idades de cura de 7 dias e 28 dias, como mostrado na Fig. 1, podem ser divulgados considerando o efeito retardador induzido pela presença de lactose em resíduos de soro de leite líquido.

Gráfico 2 – Comparação dos resultados de compressão em 7 e 28 dias.



Aos 7 dias de idade de cura, parece que o número de CH e C- Os sítios de nucleação S-H ainda eram menores do que a quantidade de lactose disponível no cimento colar. Assim, o efeito retardador não foi superado e aumentaria com o aumento teor de lactose (ou seja, teor de resíduos de soro de leite). No entanto, aos 28 dias de idade de cura, a quantidade de lactose, contida na dosagem de resíduo de soro inferior a 600% do cimento, foi superada por o número de sítios de nucleação gerados. Portanto, o processo de hidratação foi aprimorado por a alta concentração de íons na pasta de cimento, resultando em evoluções extras de resistência.

Em dosagens mais altas de resíduos de soro de leite, a “barreira de retardo” não teria rompido, foram observadas tendências semelhantes na resposta nos rompimentos aos 7 dias de



idade de cura. Menor diferenças de resistência foram observadas quando a água na pasta de cimento foi completamente substituída por resíduos de soro líquido sugere velocidade extremamente baixa do processo de hidratação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Resistência e rigidez de argamassas de cimento com adições parciais de resíduo de soro líquido nas idades de cura em 7 dias e 28 dias foram investigados em uma série de ensaios compressão, além disso, ensaios em para a análise de consistência e alterações de tempo de pega também foram realizados para se obter parâmetros mais específicos junto a adição do rejeito. Os resultados dos testes confirmam a potencial aplicação de resíduos de soro de leite líquido em substituição parcial da água na pasta de cimento para obter melhorias na trabalhabilidade, resistência e rigidez da argamassa. Verificou-se que a evolução da resistência das argamassas dependeu da idade de cura e do percentual de soro de leite aplicado a estas.

Não foram notados efeitos na resistência das argamassas aos 7 dias de cura em nenhuma das dosagens aplicadas as argamassas de cimento. Efeitos adversos da adição de soro líquido foram observados aos 28 dias de cura com diminuições das resistências quando o percentual dos resíduos de soro de leite aumentou.

O efeito retardador então se finaliza, e o processo de hidratação será aprimorado devido a uma maior concentração de íons existentes na argamassa. Além disso, como a velocidade dos processos de hidratação são diferentes antes e depois do fim do efeito retardador, a idade de cura pode ter impactos na variação de resistência e rigidez das misturas de cimento produzidas

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CUZMAN, O.A., RICHTER, K., WITTIG, L., TIANO, P.: **Alternative nutrient sources for biotechno-logical use of *Sporosarcina pasteurii***. World J. Microbiol. Biotechnol. (2015).

JUENGER, M.C.G., JENNINGS, H.M., **New insights into the effects of sugar on the hydration and microstructure of cement pastes**. Cem. Concr. Res. (2002).

KELLING, K.A., PETERSON, A.E.: **Uso do soro do leite na como uma alternativa na agricultura**. Publication extension programs, University of Wisconsin Extension (1981).

NEVILLE, A.M., **Properties of Concrete**, vol. 4. Longman, London (1995).