IMPERMEABILIZAÇÃO DE CONCRETOS COM SÍLICA ATIVA VISANDO A SUSTENTABILIDADE PARA AS OBRAS WATERPROOFING CONCRETE WITH ACTIVE SILICA AIMING AT SUSTAINABILITY FOR WORKS

G. Terci¹, J. M. Carelli², M. Foiato³

gabi_terci@hotmail.com

¹ Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade do Oeste de Santa Catarina

² Professora Mestre pela Universidade do Oeste de Santa Catarina

³ Professora Mestre pela Universidade do Oeste de Santa Catarina

RESUMO

Aprimorando o desenvolvimento sustentável na construção civil, pesquisas estão sendo realizadas utilizando a adição de sílica ativa em relação ao cimento, revertendo manifestações patológicas nas estruturas. Neste cenário, buscou-se avaliar a viabilidade de utilizar sílica ativa em concretos convencionais, de traço comumente utilizado em obras. A metodologia aplicada constituiu na execução de 10 traços de concreto, sem adição de sílica ativa, dosagem de 5% e 10% tanto na substituição e adição ao cimento, sendo utilizado dois tipos de cimentos (CP II Z -32 e CP V ARI -RS). Os resultados obtidos demonstram que a sílica ativa provocou alterações satisfatórias ao concreto, melhorando a sua resistência à compressão em até 54,54% e diminuindo até 35,68% a sua absorção de água.

Palavra-Chave: concreto; sílica ativa; impermeabilizantes;

ABSTRACT

Improving sustainable development in civil construction, research is being carried out using the addition of active silica in relation to cement, reversing pathological manifestations in the structures. In this scenario, we sought to evaluate the feasibility of using silica fume in conventional concretes, with a trace commonly used in construction sites. The applied methodology constitutes the execution of 10 concrete traces, without the addition of silica fume, the dosage of 5% and 10% both in substitution and addition to cement, using two types of cement (CP II Z -32 and CP V ARI -RS). The results obtained show that the active silica caused satisfactory changes to the concrete, improving its compressive strength by up to 54.54% and decreasing its water absorption by 35.68%.

Keywords: concrete; silica active; waterproofing;

1. INTRODUÇÃO

O concreto foi descoberto no fim do século XIX, desde então vem sendo utilizado como um dos principais materiais da construção civil. Ao decorrer dos anos de uso, as manifestações patológicas nas estruturas são comuns, e com o intuito de diminuir essas ocorrências e buscar mais sustentabilidade nas edificações, não gerando tantos entulhos provenientes de reformas e manutenções, várias pesquisas e métodos vem sendo estudados.

O setor da construção civil é responsável pela geração de grandes quantidades de resíduos e entulhos. Estima-se que o Brasil produza aproximadamente 290 mil toneladas/dia (Paraná Portal, 2020), provocando um impacto considerável ao meio ambiente quando não são destinados corretamente.

Segundo Helene e Andrade (2010) a história recente tem demonstrado que ainda vale a pena pesquisar, projetar, dosar, construir, sempre buscando tirar mais proveito desse versátil material de construção, explorando seu elevado desempenho e usando-o corretamente sob o ponto de vista da proteção ambiental e da sustentabilidade.

Atualmente, busca-se formas de obter uma obra mais sustentável e com maior durabilidade, usufruindo de práticas de planejamento, podendo prever futuras complicações em obras, como as patológicas.

Tendo em vista que a patologia mais decorrente na construção civil é a umidade, ou seja, má impermeabilização, vem sendo estudado formas de combater esse problema ainda em projeto, como já citado.

Nesse sentido, vem-se buscando utilizar dosagens de adição de sílica ativa em concretos convencionais para melhorar sua qualidade e prevenir problemas de percolação de água.

A sílica ativa, também conhecida por microsilica ou fumo de sílica, é um material pozzolânico, subproduto gerado nas indústrias de silício-metálico e ferro-silício. O alto teor de SiO_2 no formato amorfo, aliado a uma elevada finura, proporciona à substância uma altíssima reatividade com os produtos decorrentes da hidratação cimento, o que contribui para um melhor desempenho de concretos e argamassas (Moraes e Lopes, 2010).

Baseando-se nisso, buscou-se analisar as propriedades do estado endurecido e fresco do concreto de traços de concreto com ou sem adição de sílica ativa e diferentes tipos de cimento mais comumente utilizados (CP II Z-32 e CP V).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O concreto é formado por uma mistura de cimento Portland, agregados graúdos, agregados miúdos, água, aditivos e adições.

De acordo com Molhotra e Mehta (1996), o cimento Portland é, hoje, o material mais utilizado na construção civil no mundo todo. Passando por grandes barragens até elegantes edifícios de concreto armado ou protendido, este material encontra aplicação em uma grande variedade de estruturas, mostrando-se, na grande maioria dos casos, uma alternativa viável economicamente, com resistência e durabilidade satisfatórias, e que, em comparação com outros materiais, não exige grande quantidade de energia em sua produção.

O Cimento Portland é subdividido em CP I, CP II, CP III, CP IV e CP V.

As adições minerais podem ser divididas em três categorias, ou seja, materiais cimentícios, materiais pozzolânicos e materiais não reativos. A escória de alto-forno pertence à categoria de materiais cimentícios, já o metacaulim e a sílica ativa são pozzolânicos. Na categoria de materiais não reativos podemos dar como exemplo o filler calcário. Assim, os materiais cimentantes e pozzolânicos, interagem química e fisicamente com os produtos da hidratação do cimento Portland, modificando a microestrutura da pasta (Silva, 2007; Gabrich, 2008).

Os benefícios obtidos com o uso de adições pozzolânicas, incluem melhor resistência à fissuração térmica devido ao baixo calor de hidratação destas substâncias, aumento da resistência final e impermeabilidade devido ao refinamento dos poros, fortalecimento da zona de transição na

interface, e uma durabilidade muito maior do que diz respeito ao ataque por sulfato e à expansão pela reação álcali-agregado (Mehta e Monteiro, 2008).

A zona de transição do concreto, uma fina camada entre a pasta de cimento hidratado e as partículas de agregado, representa o componente mais fraco do concreto estrutural, e é também a área mais permeável (Moraes e Lopes, 2010).

A sílica ativa, também é conhecida por microssílica ou fumo de sílica, como já visto é um material pozzolânico, é um subproduto gerado nas indústrias de silício-metálico e ferro-silício. Segundo Mehta e Monteiro (2008), a geração desse material ocorre após a filtragem dos gases de monóxido de silício gasoso que é oriundo da redução do quartzo em silício. Quando condensado, esses gases se transformam em partículas esféricas minúsculas. Esta substância é captada em filtros de manga, e em seguida, armazenada e embalada para venda.

Representação esquemática da produção de microssílica - Fonte: TECNOSIL (2004).

A falta ou a má impermeabilização pode ser causada por na execução de obra, sendo na parte da execução, na falha do produto utilizado ou no projeto, podendo ocasionar várias manifestações patológicas, causando mofo, bolores, perda de pintura, infiltrações e problemas estruturais, devido a umidade no solo que se infiltra na estrutura através dos poros abertos concreto.

A sílica ativa contribui para a durabilidade do material e sua permeabilidade é reduzida, assim como argumentou Alves et. al. (1994), “diversas investigações experimentais têm indicado que a permeabilidade do concreto ao ar e à água é uma excelente medida de resistência do concreto contra o ingresso de agentes agressivos, e assim é uma medida de durabilidade potencial para um concreto”. Como a permeabilidade é ligada à sua porosidade, pode-se afirmar que com a adição de microssílica, contribui para o fechamento granulométrico da mistura, assim melhorando a durabilidade do concreto.

No entanto, a grande vantagem do uso da sílica ativa na produção de concretos é a ação pozzolânica que ela promove ao reagir com o hidróxido de cálcio, transformando o cristal fraco em cristal resistente (CSH), o que proporciona grande aumento de resistência, impermeabilidade e durabilidade ao material (Medeiros et. al., 2017) e a diminuição do calor de hidratação do cimento.

Logo, pode-se observar que a adição de impermeabilizante como a sílica ativa ainda no processo de mistura, é possível obter um concreto menos permeável e com maior durabilidade, sendo um grande aliado para construção civil.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a confecção dos traços, utilizaram-se dois tipos de cimentos, sendo: CP II – Z 32 (cimento Portland composto com pozolana) e o CP V ARI - RS (cimento de alta resistência). A adição de sílica ativa foi utilizada em duas dosagens (5% e 10% em volume m^3) e o traço referência sem sílica ativa.

3.1 Produção dos traços de concreto

Estabeleceu-se o traço de concreto na proporção em volume de 1:5 (cimento: agregados). O teor de argamassa utilizado foi fixado em 53%, e assim o traço desdobrado foi de 1:2:3. A relação água/cimento foi definida pelo *slump* de 140 (± 20) mm para cada traço, buscando um concreto de boa trabalhabilidade, ainda que isso comprometeria a resistência, devido a não estar sendo utilizado aditivo plastificante. O intuito foi simular uma situação mais comum em concretos produzidos *in-loco*, nas obras. Posteriormente, foram confeccionados os traços, sem adição de sílica ativa e com sílica ativa nos teores de 5% e 10% (em volume m^3).

Os traços foram produzidos seguindo a mesma ordem: primeiramente separados e pesados os agregados (brita I e areia), o cimento e a sílica ativa, posteriormente colocaram-se os materiais na betoneira, seguindo a mesma ordem de mistura (50% de água, em seguida a agregado graúdo - brita I, o cimento - sem ou com sílica ativa, dependendo do traço, agregado miúdo (areia) e finalmente o restante da água), deixando por 5 minutos a betoneira ligada para melhor mistura dos materiais. Após a mistura, foi realizado o ensaio de abatimento de cone (NBR 16889; ABNT, 2020), podendo variar 140 ± 20 mm.

A realização das moldagens dos corpos de provas seguiu as prescrições da norma NBR 5738 (ABNT, 2015) em moldes cilíndricos de 100 mm de diâmetro e altura de 200 mm, sendo feito o adensamento manual com 12 golpes. Após a moldagem, foram mantidos a temperatura ambiente e em local neutro por aproximadamente 72 horas. Posteriormente, foram desmoldados e submersos em tanques a uma temperatura de 24°C.

Após 28 dias do tempo de cura das amostras, todos os traços foram submetidos ao ensaio de absorção por capilaridade seguindo as orientações da norma NBR 9778 (ABNT, 2009) e ao ensaio de resistência a compressão seguindo as orientações da norma NBR 5739 (ABNT, 2018).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise entre o cimento e a sílica ativa foi dada observando o comportamento dos traços, sem sílica ativa, adicionando sílica ativa junto ao cimento com as porcentagens de 5% e 10% e substituindo a sílica ativa ao cimento com as porcentagens de 5% e 10%, sendo comparado no estado fresco, estado endurecido e na absorção por capilaridade.

4.1 Trabalhabilidade e resistência à compressão

Durante o processo de mistura dos traços, avaliou-se as possíveis influências das propriedades do estado fresco, utilizando o abatimento de cone 140 ± 20 mm (*slump*), podendo ser observado abaixo na Tabela 1 e na Tabela 2.

Nomenclatura do traço	Slump (mm)	Resistência à Compressão (MPa)
Sem sílica ativa	148	10,2
		10,7
		10,7
Substituição de sílica ativa 5%	132	12,2
		12,2
		12,3
Substituição de sílica ativa 10%	133	13,4
		12,1
		11,7
Adição de sílica ativa 5%	131	13,8
		13,2
		13,0
Adição de sílica ativa 10%	138	14,0
		14,0
		13,2

Tabela 1 – CP II Z -32

Com base no *slump*, analisou-se a relação água/cimento de cada traço e sua resistência à compressão obteve-se os seguintes valores apresentados no Gráfico 1.

Gráfico 1 – CP II Z – 32

O Gráfico 1 representa a relação a/c (água/cimento) e a resistência à compressão dos traços com o cimento CP II Z -32. Analisou-se a substituição da sílica ativa em relação ao cimento, observou-se que com o teor de 10% de sílica obteve-se uma resistência mais satisfatória, devido à elevada finura da sílica ativa, se acomodando nos vazios das partículas de agregados e do cimento. Ainda, segundo Neville (2016), a sílica na forma vítrea (amorfa) é altamente reativa, e as dimensões mínimas de suas partículas aceleram a reação com o hidróxido de cálcio produzido pela hidratação do cimento Portland. No que diz respeito à relação água/cimento obteve-se o valor de 1,06, que ao comparar com o traço sem sílica ativa há uma diferença de 24,70%. Isto se dá porque a maior quantidade de finos que há na sua mistura contribui para o fechamento de poros e aumento da área superficial de material a ser hidratado, necessitando de mais água para ter as mesmas condições de trabalhabilidade do concreto. Analisou-se a adição de sílica ativa em relação ao cimento, obteve-se uma resistência à compressão 30,84% maior no teor de 10% de sílica ativa ao comparar com o traço referência. Contudo, ao adicionara sílica ativa ao cimento há um aumento na finura da massa, e de acordo com Neville (2016) quanto mais fino for o cimento, maior será a quantidade de água para a pasta de consistência normal. Ao comparar com o traço sem sílica ativa, obtém-se uma diferença de 30,58% a mais na relação água/cimento.

Em seu estudo, Nascimento et.al. (2017) produziu-se um concreto com traço de 1:2:3, com a adição de 10% de sílica ativa em relação ao cimento. Os autores obtêm um aumento de 32% na resistência à compressão. Percebe-se, assim, que essa porcentagem encontrada pelos autores foi muito próxima a do presente estudo.

Posteriormente analisou-se o traço com o cimento CP V ARI – RS, utilizando o *slump*, analisou-se a relação água/cimento de cada traço e sua resistência à compressão, apresentados na Tabela 2 e no Gráfico 2.

Nomenclatura do traço	Slump (mm)	Resistência à compressão (MPa)
Sem sílica ativa	125	12,6
		13,1
		14,3
Substituição de sílica ativa - 5%	129	15,2
		15,5
		14,8
Substituição de sílica ativa - 10%	135	13,5
		13,8
		15,0
Adição de sílica ativa - 5%	137	15,2
		14,8
		15,5
Adição de sílica ativa - 10%	135	21,3
		20,3
		22,1

Tabela 2 – CP V ARI – RS

Gráfico 2 – CP V ARI – RS

Analisou-se o Gráfico 2, o traço com adição de sílica ativa no teor de 10% obteve o mesmo valor da relação água/cimento do traço sem sílica ativa, porém obteve uma maior resistência, cerca de 54 %. Isso se deve ao fato de que quanto maior a finura do concreto maior será o consumo de água. De acordo com Neville e Brooks (2013) para um rápido desenvolvimento de resistência, é necessária uma finura elevada.

Contudo o traço de adição de sílica ativa no teor de 5% obteve a mesma resistência do que a substituição de 5%, porém a relação água/cimento foi mais elevada.

Segundo Metha e Monteiro (2008) a resistência se encontra na parte sólida de um material e assim, vazios são prejudiciais à essa propriedade. Analisou-se o traço sem sílica ativa comprovou-se essa teoria, pois há mais vazios no concreto, que não são preenchidos pelos agregados ou pelo cimento, causando assim uma menor resistência e uma alta relação água/cimento.

De acordo com Santana et.al. (2018), aos 28 dias nota-se que para as adições nos teores de 5% a diferença é desprezível. Conforme o aumento nos teores das adições, percebe-se um acréscimo nas diferenças dos valores podendo variar em relação ao traço referência.

4.2 Absorção de água por capilaridade

O ensaio de absorção por capilaridade realizou-se a fim de analisar como o concreto sem aditivos e com aditivos se comporta em contato com a água, ou seja, quanto de água ele absorve, que está ligado diretamente com sua porosidade.

O ensaio apresentado nas tabelas abaixo, realizados com 28 dias e seguindo a norma NBR 9778 (ABNT, 2009).

Primeiramente analisou-se os traços contendo o CP II Z -32, cujos dados obtidos estão presentes na Tabela 3.

Nomenclatura do Traço	Absorção 3h	Absorção 5h	Absorção 72h
Sem sílica ativa	0,319	0,382	0,779
	0,279	0,335	0,709
Substituição de sílica ativa – 5%	0,164	0,187	0,266
	0,172	0,192	0,265
Substituição de sílica ativa – 10%	0,176	0,192	0,266
	0,227	0,250	0,339
Adição de sílica ativa – 5%	0,281	0,337	0,711
	0,295	0,367	0,850
Adição de sílica ativa – 10%	0,304	0,370	0,828
	0,283	0,344	0,752

Tabela 3 – Absorção por capilaridade – CP II Z - 32

Mediante aos dados obtidos através da absorção por capilaridade, avaliou-se a média das três medições do traço, assim obtendo o seguinte Gráfico 3.

Gráfico 3 – Absorção por capilaridade – CP II Z - 32

Analizou-se os resultados do Gráfico 3 ao longo das 72 h, o traço de substituição de sílica ativa ao cimento no teor de 5% foi o que menos absorveu água, contudo o traço de substituição de sílica ativa ao cimento no teor de 10% demonstrou ótimo desempenho também, ligeiramente inferior ao primeiramente citado.

Os demais traços obteve-se um elevado índice de absorção de água, absorvendo tanto ou mais água que o traço referência (sem sílica ativa).

Desta forma, percebe-se que a porosidade é o fator que mais influencia a permeabilidade na pasta de cimento endurecida. As pastas com alta porosidade capilar têm maior permeabilidade, pois os fluidos penetram facilmente pelos grandes poros quando interconectados (Fornasier, 1995). Posteriormente analisou-se os traços contendo o CP V ARI – RS, apresentados na Tabela 4.

Nomenclatura do Traço	Absorção 3h	Absorção 5h	Absorção 72h
Sem sílica ativa	0,308	0,359	0,672
	0,284	0,335	0,663
Substituição de sílica ativa – 5%	0,174	0,198	0,305
	0,177	0,202	0,310
Substituição de sílica ativa – 10%	0,176	0,204	0,309
	0,204	0,233	0,352
Adição de sílica ativa – 5%	0,251	0,282	0,495
	0,272	0,310	0,533
Adição de sílica ativa – 10%	0,256	0,296	0,523
	0,226	0,258	0,439

Tabela 4 – Absorção por capilaridade – CP V ARI – RS

Mediante aos dados obtidos através da absorção por capilaridade, avaliou-se a média das três medições de cada traço, assim obtendo o seguinte Gráfico 4.

Gráfico 4– Absorção por capilaridade – CP V ARI – RS

No Gráfico 4 analisou-se os resultados obtidos, o traço sem sílica ativa demonstra uma elevada absorção de água, ou seja, é mais permeável. Segundo Neville e Brooks (2013) a porosidade capilar está diretamente ligada à permeabilidade do concreto.

Os traços de substituição de sílica ativa nos teores de 5% e 10% em relação ao cimento, obteve-se uma menor taxa de absorção de água. Substituiu-se o cimento pela sílica ativa produzindo uma massa com mais finos, ou seja, com menos vazios. Sendo assim, diminui-se a porosidade e, como consequência, a absorção por capilaridade é reduzida.

Contudo os traços com adição de sílica ativa em relação ao cimento quando comparados com os traços de substituição de sílica ativa, obtém-se um aumento na absorção da água, pois quanto mais finos sua mistura, maior a taxa de absorção de água.

Comparou-se com Pinto (2016), observa-se que a absorvidade do concreto apresenta comportamento semelhante aos resultados já apresentados [...], aumentando em função da adição de sílica ativa até 10%. Esse aumento é decorrente do acréscimo de partículas finas à mistura, que promoverá um refinamento dos poros e, conseqüentemente, aumentará a taxa de absorção capilar de água.

5. CONCLUSÃO

O CP V ARI – RS obteve melhores resultados quanto à sua resistência à compressão e a relação água/cimento quando comparado com o cimento CP II Z – 32. Contudo o CP II Z – 32 obteve melhor impermeabilidade do concreto.

A substituição da sílica ativa em relação ao cimento demonstrou ser a mais eficaz quando comparado com o traço referência (sem sílica ativa). Contendo mais finos em sua mistura, obteve-se um concreto mais impermeável e resistente.

A adição de sílica ativa em relação ao cimento apresenta uma melhor resistência à compressão, porém uma relação água/cimento mais elevada, sendo assim um concreto mais permeável.

A utilização da substituição da sílica ativa em relação ao cimento demonstrou resultados satisfatórios em todos os aspectos estudados, apresentando um desempenho melhor na resistência à compressão e na impermeabilidade do concreto.

7. AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho primeiramente à minha família, ao meu namorado por serem essenciais em minha vida e meu porto seguro, aos meus amigos e as minhas orientadoras Jhulis e Maiara por todo conhecimento adquirido na realização deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS

A história do concreto – Disponível em

<<https://civilizacaoengenharia.wordpress.com/2017/03/22/a-historia-do-concreto/#:~:text=Concreto%20%C3%A9%20um%20material%20de%20constru%C3%A7%C3%A3o%20muito%20resistente.&text=O%20primeiro%20fato%20registrado%20aponta,o%20uso%20de%20cimento%20hidr%C3%A1ulico>>. Acesso pela última vez em 15 de abril de 2021.

ALVES. C. H. N., CAMPOS F. G. V., NETTO. P. A. (1994). “*Concretos e argamassas com microsilica* “. Monografia (Graduação), Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, p. 185.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2015 versão corrigida 2016). NBR 5738: *Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova*. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2018). NBR 5739: *Concreto – Ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos*. Rio de Janeiro.

- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2009 versão corrigida). NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos – *Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2020). NBR 16889: Concreto – determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro.
- BIANCHINI. M. (2010). “*Análise da influência dos teores de sílica ativa na produção de concretos de alta resistência em central dosadora de concreto* “. Dissertação de Pós-Graduação Universidade Federal do Paraná, p. 31.
- CARMO. J. B. M., PORTELLA K. F. (2008). “*Estudo comparativo do desempenho mecânico da sílica ativa e do metacaulim como adições químicas minerais em estruturas de concreto* “- Artigo Científico, Universidade Federal do Paraná e Instituto de Tecnologia e Desenvolvimento.
- FERREIRA DE SOUZA. M. (2008),” *Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações. Curso de especialização em construção civil* “, Monografia, Universidade Federal de Minas Gerais.
- FORNASIER. R. S. (1995). “*Porosidade e permeabilidade do concreto de alto desempenho com microsílica*”. Dissertação para mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 31.
- GABRICH. M. F. (2008). “*Estudo da influência das adições minerais no comportamento do concreto sob a ação do fogo* “. Dissertação para Pós-graduação, Universidade Federal de Minas Gerais, p. 26-27.
- GLARETTON. V. C. (2016). “*Uso de impermeabilizantes por cristalização para redução da permeabilidade do concreto* “. Trabalho de diplomação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- HELENE. P., ANDRADE. T. (2010). “*Concreto de Cimento Portland* “- IBRACON. São Paulo, Brasil, c. 29, p. 919.
- ISAIA. G. C. (2010). “*Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais* “. IBRACON. São Paulo, Brasil.
- JUNGES PEDROSO. M. (2020).” *Estudo para melhoria de sistemas de impermeabilização através da inserção de diferentes aditivos cristalizantes em concretos visando a sustentabilidade e a simplificação de uso*”. Artigo Científico, Universidade do Oeste de Santa Catarina.
- MALHOTRA, V. M., MEHTA, P. K. (Ed, 1 – 1996).” *Pozzolan and Cementitious Materials*”. Gordon and Breach Publishers, Amsterdam, p.191.
- MEDEIROS. M. H. F., RAISDORFER. J. W., HOPPE FILHO. J. (2017),” *Influência da sílica ativa e do metacaulim na velocidade de carbonatação do concreto: relação com resistência, absorção e a/c* “, Universidade Federal do Paraná e Universidade Federal do Oeste da Bahia. p. 125 – 139.
- MEHTA, P. K., MONTEIRO, P. J. M. (2008).” *Concreto: microestrutura, propriedades e materiais*” - IBRACON. São Paulo, Brasil, p.36,674.
- MORAES. P., LOPES. R. R. (2010). “*Análise de contribuição de adições de microsílica e nanosílica na resistência à compressão de concretos convencionais*”. Monografia (Graduação), Universidade Federal de Goiás, p. 33 - 35.
- NASCIMENTO LIMA. B. L., SILVA OLIVEIRA. M., TEIXEIRA OLIVEIRA. P., SILVA. D.L. (2017). “*Potencial da sílica ativa na resistência à compressão do concreto*”. Artigo Científico, Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica de Pernambuco, p. 3 – 9.
- NEVILLE, A. M., (2016), “*Propriedades do concreto*”. Porto Alegre, Brasil, p. 21-89, 303, 697 – 701
- NEVILLE, A. M., BROOKS J. J. (2013), “*Tecnologia do concreto*”. Porto Alegre, Brasil. p.16,256.

- Novas tecnologias reduzem impacto ambiental na construção civil* – Disponível em < <https://paranaportal.uol.com.br/geral/novas-tecnologias-construcao-civil/> >. Acesso pela última vez em 15 de abril de 2021.
- PINTO. S. A. (2016).” Correlações entre ensaios de penetração de cloretos e análise da influência do uso da sílica ativa na durabilidade do concreto armado “. Dissertação no Mestrado, Universidade Federal da Bahia Escola Politécnica, p. 42 – 68.
- Resíduos da construção civil: construindo valores de sustentabilidade* – Disponível em < <https://www.vgresiduos.com.br/blog/residuos-da-construcao-civil-construindo-valores-de-sustentabilidade/> >. Acesso pela última vez em 15 de abril de 2021.
- SANTANA. C. A., LIMA. F. H., NASCIMENTO FILHO. N. O. MENDES. S. (2018). “*Estudo comparativo de concreto com sílica de cinza da casca de arroz e sílica ativa* “. Artigo Científico, Universidade Educacional Araucária (UNIFACEAR), p. 3 – 11.
- SEIDENSTUCKER. M. “*Análise da contribuição da adição da sílica ativa na resistência à compressão de concretos*”. Trabalho final de curso (TFC), Universidade Paranaense, p. 5.
- SILVA. M. G. (2007). “*Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais* “. IBRACON. São Paulo, Brasil, p. 712.
- TANGANINI PITELLI. G., MARCO. G. (2019).” *Patologias em estruturas de concreto armado* “. Artigo Científico, Universidade de Araraquara.