



**PESQUISA
TRABALHO COMPLETO**

5485924 INCORPORAÇÃO DE RESÍDUO TÊXTIL EM CONCRETO

Gabriel Cemin, Eduardo Junca, Agenor De Noni Junior

UNESC – Universidade Do Extremo Sul Catarinense

Hoje, de acordo com as normas brasileiras, a indústria geradora de resíduos tem a obrigação de tratar e descartar o resíduo sólido proveniente do seu processo industrial, de modo que não cause problemas para o meio ambiente e para a população. Dentre os mais diversos ramos da economia, o setor têxtil, é descrito como um dos setores da economia que mais geram efluentes. Tal geração é decorrente aos processos físicos e químicos que o tecido sofre até se chegar ao produto acabado. Após o processo final de obtenção do produto, o efluente deve passar por tratamentos para minimizar os impactos ambientais causados pelo seu descarte. O lodo proveniente dos sistemas de tratamento de efluentes da indústria têxtil é destinado para descarte, na maioria das vezes, aos aterros sanitários. O objetivo deste trabalho é a implantação de uma nova rota de inertização do resíduo (antes do tratamento) proveniente do tingimento da indústria têxtil através de sua incorporação em concreto. Foi realizada a concretagem com teores de 2,5%, 5%, 7,5% e 10% de resíduo têxtil em relação à massa do cimento, tanto para adição e substituição, deixando-os em cura normal por 28 dias para ensaios de resistência mecânica a compressão e análise de lixiviação. O traço acrescido com 2,5% de resíduo obteve a maior resistência, com exceção ao de referência, que teve uma leve diferença. O mesmo traço quanto à lixiviação foi classificado como não inerte classe IIA.

Palavras-chave: Incorporação, resíduo têxtil, lodo, lama.

1 Introdução

Segundo a Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de confecção (ABIT), o Brasil é responsável pela produção de 1,9 milhão de toneladas de produtos têxteis em 2016, sendo classificado como o quinto maior produtor do mundo. Dentre os resíduos gerados pelo setor, os efluentes líquidos são os que mais chamam a atenção para a questão da sustentabilidade do processo. Estima-se um consumo de 150 litros para a produção de 1kg de tecido, sendo 88% descartado como efluente para tratamento e os 12% restantes, perdidos durante o processo por evaporação. Após o processo, o efluente deve passar por tratamentos para minimizar os impactos ambientais causados pelo seu descarte. Como resultado das técnicas de tratamento, obtém-se o resíduo denominado como lodo têxtil.

Os resíduos gerados pelo setor têxtil podem conter metais pesados, tais como As, Ba, Cd, Pb, Cr, Hg, Cu, e Zn, onde possuem grande influência nas reações químicas no concreto, e que são decorrentes da extensa tipologia de fibras, produtos químicos, corantes e fibras. Vale ressaltar que o lodo pode variar sua quantidade de água, com valores entre 30 e 80%. Essa variação ocorre devido ao último estágio do processo de tratamento, onde o lodo é prensado para retirada do excesso de água. O lodo proveniente dos sistemas de tratamento de efluentes da indústria têxtil é destinado aos aterros sanitários, em sua grande maioria.

Muitos resíduos contaminados podem ser misturados diretamente no cimento, permitindo a incorporação dos contaminantes na matriz solidificada. Este processo é particularmente eficiente para resíduos com altos teores de metais tóxicos, porque o pH da matriz de cimento favorece a formação de cátions em hidróxidos e carbonatos insolúveis, e muitos íons metálicos podem ser incorporados à estrutura cristalina da matriz de cimento. O lodo têxtil é um material com elevado teor de umidade. Esta característica é vantajosa, pois, além de se economizar em energia por não precisar secar o material, economiza-se água potável ao utilizar-se a própria água presente no resíduo no processo de hidratação do cimento. Ressalte-se que a presença de compostos inorgânicos e impurezas orgânicas, no resíduo ou na água utilizada na confecção da matriz, podem interferir negativamente nas reações de cura e nas características mecânicas da matriz de cimento.

O intuito deste estudo é possibilitar uma rota de inertização ao resíduo têxtil antes de seu processo de tratamento (medida necessária para seu descarte) com a sua incorporação no concreto. Para assim proporcionar novos caminhos para a sua utilização e reduzir a quantia de resíduo destinado a aterros, conseqüentemente diminuindo o volume dos aterros, possibilitar a sua utilização como uma matéria prima alternativa no concreto e contribuir para a preservação da saúde e do meio ambiente.

2 Metodologia

Para a realização do estudo, foram ensaiados um tipo de cimento Portland, mais especificamente CP II-Z 40, um agregado graúdo, dois agregados miúdos e o resíduo têxtil. O resíduo têxtil, após a sua coleta, foi armazenado em uma estufa por três semanas até que a água contida em seu interior evaporasse, como mostrado na figura 1, para que assim pudesse ser caracterizado e utilizado na concretagem posteriormente.

Figura 1 – Resíduo Têxtil em processo de secagem – Criciúma SC.



Fonte: Do autor

Os materiais utilizados foram classificados e ensaiados conforme a NBR NM 248:2003 para a dimensão máxima característica e módulo de finura, a NBR NM 52:2009 para os agregados miúdos e o resíduo têxtil, e a NBR NM 53:2009 para os agregados graúdos quanto à determinação da massa específica.

Posteriormente, com a mensuração da massa total de cada material para o ensaio, os agregados foram submetidos à sua distribuição granulométrica em peneiras de série normal, no qual, a sua dimensão máxima característica é representada pela porcentagem retida acumulada igual ou inferior á 5% em massa, e quanto ao módulo de finura, é representado pela soma das porcentagens retidas acumuladas em massa do agregado dividido por 100.

Para a determinação de sua massa específica, no caso, a NBR NM 52:2009, para os agregados miúdos, a amostra de ensaio é constituída de 1 kg, e que, inicialmente, é colocada em um recipiente preenchido por água até cobri-la totalmente, deixando-a em repouso por 24h. Após esse tempo, a água é retirada e o material é despejado sobre um pano e submetido a uma suave corrente de vento, para que se tenha uma secagem uniforme a corrente de vento precisa ser distribuída em todos os pontos superficiais do material, e após a secagem da superfície, a corrente é distribuída nas demais camadas inferiores até o material secar e não obtiver mais aderência entre seus grãos. O material é colocado num molde e sua superfície é compactada com 25 golpes de haste de socamento, retirando-se o molde, se o material desmoronar e não conservar a forma do molde, o mesmo está adequado para uso. Com isso, mensura-se 500g de material seco, adicionando-o á um frasco de vidro, mensura-se novamente a massa do conjunto, e se adiciona água posteriormente a esse conjunto até a marca de 500 ml mensurando a massa total do conjunto, e por fim, coloca-se o conjunto (frasco + agregado + água) na estufa por 105 °C até a secagem total dos materiais, mensurando a massa constituinte final do frasco mais o agregado seco.

Quanto a NBR NM 53:2009, o agregado gráudo para o ensaio é constituído de 3 kg, sendo que o mesmo é submergido em água por um período de 24h. Após o tempo, retira-se a água do recipiente com o agregado e despeja-se o agregado sobre um pano absorvente até que toda a água visível seja eliminada, mesmo que a superfície esteja úmida ainda, o agregado é preciso ser enxugado e isento de partículas em sua superfície. Depois de enxugado, mensura-se a massa do agregado saturado com superfície seca. Para a próxima mensura, da massa do agregado em água, o agregado é colocado em um recipiente metálico imerso em água. E por fim, coloca-se o agregado em estufa em 105°C até a evaporação total de água presente em seu interior, e após isso, retira-o deixando esfriar até se adequar a temperatura ambiente e mensura-se a massa do agregado seco.

Para informações mais detalhadas do resíduo quanto a sua incorporação no concreto e sua influência no mesmo, foram realizados ensaios de análise química, difração de raios-x, análise termogravimétrica e BET. Para isso, o resíduo foi submetido à moagem no moinho “Periquito”, aparelho este localizado no Laboratório de Cerâmica no Iparque, para que o material obtivesse uma granulometria e finura apropriada para análise conforme a necessidade de cada ensaio.

Depois de realizado a concretagem, com a confecção através do traço padrão dos dados obtidos da composição granulométrica dos agregados, os teores de resíduo a serem adicionados e substituídos à pasta matriz e com o f_{ck} de 30 MPa pré-estabelecido, iniciou-se a realização o ensaio de slump test, conforme a NBR NM 67:1998, no qual, primeiramente, o molde e a placa de base são umedecidos. Posteriormente, o molde é colocado sobre a base e é mantido fixo sobre a placa com os pés de um auxiliar que começa a preencher o cone até o seu topo em três camadas, sendo que cada camada receberá 25 golpes com uma haste de socamento, distribuindo uniformemente os golpes sobre camada e nunca transpassando a camada compactada anteriormente com a haste. Nivelase o topo



do molde e retira-o, mede-se o abatimento do concreto determinando a diferença entre a altura do molde e a altura do eixo do corpo de prova. A relação água/cimento (a/c) foi mantida constante para todos os traços neste estudo.

Para a confecção dos corpos de provas, conforme a ABNT NBR 5738:2016, utiliza-se, inicialmente, um óleo mineral nos moldes metálicos, afim de que, após o concreto ter entrado na sua fase endurecida, o corpo de prova não fique grudado ao molde. Introduza-se o concreto no molde, em três camadas, sendo cada camada submetida a 12 golpes com uma haste de socamento, nunca transpassando a camada anterior com a haste durante o golpe. Nivelada-se a superfície do corpo de prova e coloca-o no processo de cura desejado, neste caso, cura normal, onde foi depositado no Laboratório de Materiais de Construção Civil (LMCC) no Iparque durante o tempo de 28 dias, com uma média de temperatura de 22°C e umidade relativa de 63%.

E para o ensaio de resistência à compressão, conforme NBR 5739:2007, após o tempo de cura e idade desejada para o ensaio ser alcançada, as faces de aplicação dos corpos de prova necessitam estar niveladas para que quando colocados sobre os pratos à carga seja distribuída corretamente, caso não estejam, é necessário o capeamento. Com os pratos isentos de sujeira e secas, o corpo de prova é centralizado para que assim a carga seja aplicada uniformemente no centro de sua seção com uma variável velocidade de carregamento de 0,3 MPa/s a 0,8 MPa/s. Após o corpo de prova romper, com a área pré-estabelecida anteriormente, obtém-se assim a carga de ruptura à compressão do corpo de prova.

3 Resultados

Com a realização do ensaio de análise química, representado na tabela 1, percebeu-se que houve grande predominância do alumínio (11,30%) e de valores menores, como a sílica (4,62%) e sódio (3,58%), por exemplo. O grande percentual existente desses elementos no resíduo está relacionado aos produtos e processos químicos utilizados para a confecção do material têxtil para a obtenção do produto final.

Tabela 1 – Análise Química do lodo têxtil utilizado nos experimentos.

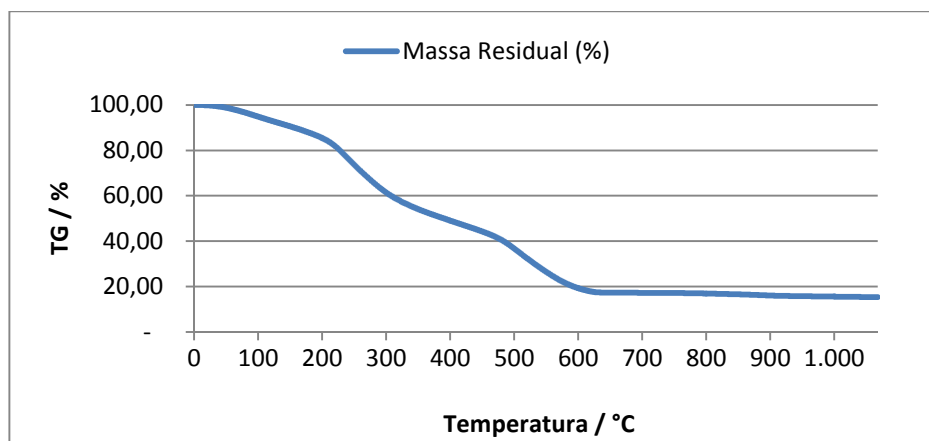
Elemento	Percentual
Manganês	0,04%
Magnésio	0,14%
Potássio	0,35%
Cálcio	0,49%
Ferro	0,63%
Sódio	3,58%
Sílica	4,62%
Alumínio	11,30%

Perda ao fogo 78,85%

O lodo têxtil é constituído principalmente de água e matérias orgânicas, como pode ser observado na análise química e na análise termogravimétrica, sendo este último representado na figura 2. Houve uma grande perda de massa, cerca de 84,62%, devido à eliminação de água e das matérias orgânicas, resultando numa massa residual de 15,38% ao final do ensaio, sendo que, a perda de massa se estabilizou a partir dos 650 °C.

Ambos os ensaios demonstram que a massa constituinte do resíduo é de um grande percentual só de água, este fator é explicado pelos diversos tratamentos, processos químicos e utilização de produtos químicos para a obtenção do produto final, um bom exemplo para isto é o amido ($C_6H_{10}O_5$), produto muito utilizado na engomagem dos tecidos e que proporciona uma consistência gelatinosa ao resíduo, além de ser um material de alta absorção de água, fator este que é de extrema importância quanto às suas características. (PRIM, 1998)

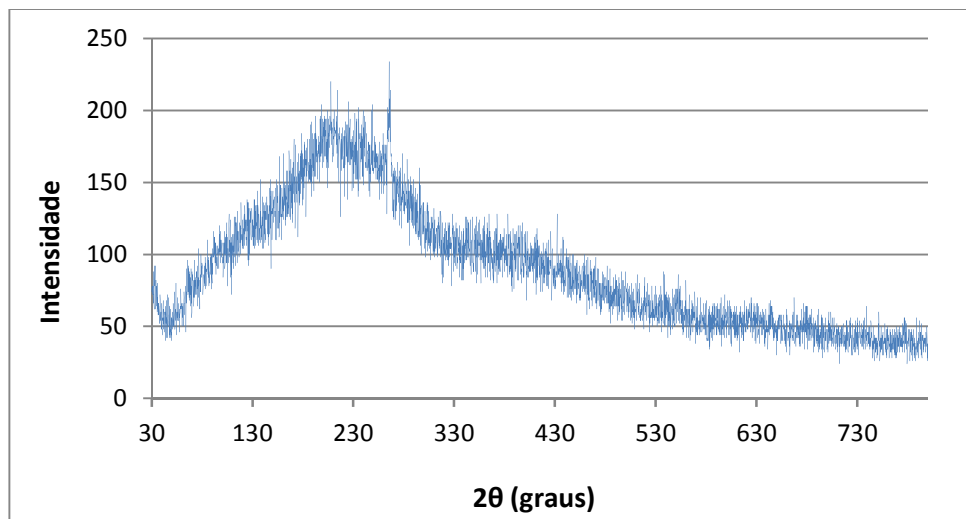
Figura 2 – Análise Termogravimétrica do lodo têxtil – Criciúma SC.



Fonte: Do autor

Quanto ao ensaio de difração de raios-x, representado na figura 3, o resíduo não demonstrou grandes variações de picos de cristalinidade durante a sua análise, demonstrando que a sua estrutura cristalina é de predominância amorfa.

Figura 3 – Ensaio DRX do lodo têxtil – Criciúma SC.



Fonte: Do autor

Quanto ao ensaio do método BET, o resíduo obteve uma área superficial de 8,062 m²/g.

Através dos ensaios de caracterização, seguindo os procedimentos da NBR NM 248:2003, NBR NM 52:2009 e NBR NM 53:2009, os materiais tiveram suas características determinadas conforme as suas propriedades, sendo os resultados de suas análises granulométricas demonstrados na tabela 2.

Tabela 2 – Composição Granulométrica dos materiais constituintes do concreto.

Material	Dimensão Máxima (mm)	Módulo de Finura	Massa Específica (g/cm ³)
Resíduo Têxtil	4,8	3,28	1,53
Agregado graúdo	9,5	2,91	2,9
Agregado miúdo 1	4,8	3,45	2,58
Agregado miúdo 2	0,6	1,88	2,64

A relação água/cimento foi mantida em todos os traços, onde, durante o período de concretagem, foi percebida nitidamente a redução constante do abatimento do slump test conforme se aumentava o teor do resíduo, tanto para a adição e substituição.

Sendo assim, isso demonstra que a inserção do resíduo afeta drasticamente o fator água/cimento quanto à sua trabalhabilidade e coesão entre os materiais constituintes do concreto (COSTA, 2004). Os resultados obtidos do slump test estão representados na tabela 3.

Tabela 3 – Ensaio do Slump Test.

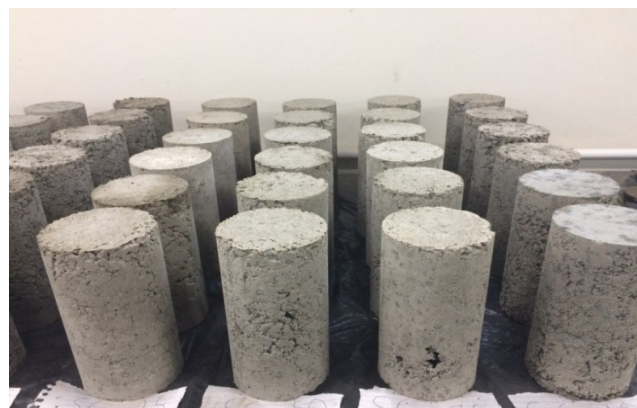
Traço	Abatimento (cm)
Referência	9,00
Acréscimo de 2,5%	8,20
Acréscimo de 5,0%	5,40
Acréscimo de 7,5%	2,80
Acréscimo de 10,0%	1,50
Substituição de 2,5%	4,50
Substituição de 5,0%	3,20
Substituição de 7,5%	2,40
Substituição de 10,0%	1,20

Este fator pode ser percebido nitidamente na figura 4a e figura 4b.

Figura 4 – Concretos obtidos com resíduo têxtil. A) adição de resíduo; B) substituição do cimento pelo resíduo – Criciúma SC.



A



B

Fonte: Do autor.

A resistência mecânica à compressão foi reduzindo de acordo com o acréscimo contínuo do resíduo, esse fator pode ser explicado de acordo com os componentes constituintes do resíduo, que reagem fortemente com a hidratação do cimento.

Durante o processo de hidratação, os íons cloreto dissolvem o hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) – Portlandita (C-H), que é abundante na pasta matriz, fazendo com que haja o aumento da porosidade da massa cimentícia. Os íons cloreto podem combinar-se também com o alumínio, dissolvido ou complexado, formando monocloroaluminato de cálcio



hidratado, este favorecendo as propriedades do concreto. Porém, a presença do ânion sulfato pode causar uma expansão da massa devido à formação da estrutura cristalina de etringita ($C_3A \cdot 3CSH_2$), que é formada quando o sulfato combina com o aluminato de cálcio hidratado ou anidro. O ânion cloreto pode substituir o ânion sulfato na formação de etringita, assim como a sílica e o alumínio. O fissuramento da matriz pode ocorrer se houver formação excessiva de etringita. (GARCIA; OLIVEIRA; PANDOLFELLI, 2007).

Os cloretos podem ingressar no concreto de várias maneiras, e uma das principais é através dos materiais utilizados na sua confecção. Podem-se encontrar cloretos em agregados contaminados, principalmente em regiões litorâneas, em águas salobras ou excessivamente cloradas, e até mesmo em cimentos, já que os cloretos contribuem para as resistências iniciais. (HOPPEN et al, 2006).

Ainda, segundo BREA (2003), sabe-se que os éteres de celulose retardam a hidratação do cimento. Se a hidratação do cimento é retardada, as chances de uma perda adicional de água são maiores. Uma distribuição não uniforme da água pode ocorrer e em algumas áreas a água disponível será muito baixa para a hidratação apropriada. Com tais observações, conclui-se que a taxa na qual ocorre a hidratação do cimento é um fator que possui uma forte influência no desenvolvimento da resistência mecânica do concreto.

Após o período de 28 dias de cura, os corpos de prova foram ensaiados quanto à sua resistência à compressão, no qual, o traço que teve o acréscimo de 2,5% do resíduo têxtil obteve a maior resistência mecânica, só não sendo superior ao de referência, conforme representado na tabela 4.

Tabela 4 – Ensaio de resistência mecânica à compressão

Traço	Resistência média à compressão (MPa)
Referência	30,41
Acréscimo de 2,5%	28,63
Acréscimo de 5,0%	25,14
Acréscimo de 7,5%	17,73
Acréscimo de 10,0%	12,90
Substituição de 2,5%	26,47
Substituição de 5,0%	23,50
Substituição de 7,5%	21,90
Substituição de 10,0%	13,47

Com os dados obtidos através do ensaio de lixiviação, demonstrados na tabela 5 e tabela 6, e conforme as prescrições da ABNT NBR 10004 - Resíduos sólidos – Classificação, o resíduo têxtil foi classificado como classe II A – Não inerte. O elemento que cooperou para a sua classificação desde o início foi o Alumínio (Al), que ultrapassou o valor estipulado pela norma muito além do permitido, mais especificamente 3,5 vezes, possuindo 0,71 mg/L na sua composição geral. O bário (Ba) também ultrapassou o limite estabelecido



em norma, mas não foi um valor tão exorbitante comparado ao alumínio. O pH do resíduo ficou em 12,5, sendo assim, uma base.

Tabela 5 – Ensaio de lixiviação dos metais

Metais		
Elemento	Resultado (mg/L)	Limite máximo (mg/L)
Alumínio	0,71	0,20
Cobre	0,07	2,00
Ferro	0,02	0,30
Manganês	< 0,01	0,10
Nitrato	0,2	10,00
Sódio	43,61	200,00
Zinco	< 0,01	5,00
Cromo	0,05	0,05
Mercúrio	< 0,001	0,001
Chumbo	< 0,01	0,01
Selênio	0,01	0,01
Arsênio	< 0,01	0,01
Bário	1,11	0,70
Cádmio	< 0,01	0,005
Prata	< 0,01	0,05

Tabela 6 – Ensaio de lixiviação das propriedades físico-químicas.

Físico-Químicas		
Elemento	Resultado (mg/L)	Limite máximo (mg/L)
Cloretos	7,90	250,00
Surfactantes	< 0,10	0,50
Sulfatos	10,50	250,00
Fenóis	< 0,01	0,01
Fluoretos	0,40	1,50



4 Conclusão

Compreende-se que na atualidade, a racionalização e sustentabilidade são fatores predominantes e de grande importância para qualquer processo fabril, principalmente em fator da diminuição de gastos com os resíduos gerados em seus meios e também de medidas e caminhos alternativos que possam ser realizados para o reaproveitamento de tal resíduo.

No estudo realizado, percebeu-se que a incorporação do resíduo no concreto foi satisfatória em alguns quesitos, como, por exemplo, na resistência mecânica, onde o traço que teve a adição de 2,5% do resíduo teve uma leve média menor que o de referência. E outro quesito, que não cooperou para a sua formulação e desenvolvimento químico e físico no concreto, foi a grande presença de Alumínio em sua composição, sendo este de extremo impacto na matriz cimentícia, pois o mesmo gera, durante a hidratação do cimento, sulfato de alumínio, componente que reage intensivamente formando etringita, este ocasionando maior formação de poros, vazios e expansão da massa.

Sendo assim, são necessários estudos complementares para averiguar a influência do resíduo em outras metodologias com a sua incorporação no concreto, ou até mesmo além, como, por exemplo, em cerâmica, para que assim sejam analisadas e estudadas rotas alternativas viáveis para a sua reutilização e que sejam atendidas todas as características e necessidades finais de um produto satisfatório.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10004: **Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10006: **Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 5738: **Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto**. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 5739: **Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 248: **Agregados - Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 52: **Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente**. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 53: **Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água**. Rio de Janeiro, 2009.



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 67: **Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Rio de Janeiro, 1998.

COSTA, R. M. **Análise de propriedades mecânicas do concreto deteriorado pela ação de sulfato mediante utilização do UPV**. Belo Horizonte, 2004. 246 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais.

GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, I. R.; PANDOLFELLI, V. C. **Processo de hidratação e os mecanismos de atuação dos aditivos aceleradores e retardadores de pega do cimento de aluminato de cálcio**. Cerâmica 53, p. 42-56, 2007.

HOPPEN, C.; PORTELLA, K. F.; ANDREOLI, C. V.; JOUKOSKI, A. **Uso de lodo de estação de tratamento de água centrifugado em matriz de concreto de cimento Portland para reduzir o impacto ambiental**. Química Nova, v. 29, p. 79-84, 2006.

PRIM, Elivete Carmem Clemente. **Reaproveitamento de lodo têxtil e da cinza pesada na construção civil: aspectos tecnológicos e ambientais**. 1998, 136f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Ambiental na Área de Tecnologias de Saneamento Ambiental, Departamento de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. 3. ed. São Paulo: IBRACON, 2008.

SALVASTANO JÚNIOR, Holmer. **Zona de transição entre fibras e pasta de cimento Portland**. 1992. 249 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Construção Civil, Departamento de Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

BREA, Fernando M. **Resistência de aderência e tempo em aberto de argamassas colantes com adição de éteres de celulose**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 5º, São Paulo – SP, 11 a 13 de junho de 2003.

9318143 MAPEAMENTO DE USO E COBERTURA DA TERRA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO URUSSANGA UTILIZANDO IMAGENS ORBITAIS DE DIFERENTES SISTEMAS SENSORES

Letícia da Costa Dutra¹, Alessandra Jaine Moraes de Oliveira², Nilzo Ivo Ladwig³,
Hugo Schwalm⁴

1 Aluna de Graduação em Engenharia de Agrimensura, UNESC, e-mail: leticiaadutraa@hotmail.com

2 Aluna de Graduação em Engenharia Ambiental, UNESC, e-mail: alessandra.ambiens@gmail.com

3 Docente no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, UNESC, e-mail: ladwig@unesec.net

4 Docente do Curso de Engenharia de Agrimensura, UNESC, e-mail: hsc@unesec.net

Resumo:

A pesquisa teve como objetivo comparar imagens de diferentes sistemas sensores orbitais e analisar as classes de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Urussanga. Para atingir o objetivo proposto foram definidas as classes de uso e cobertura da terra, as etapas de processamento digital das imagens e a análise dos resultados. As bandas utilizadas no processamento das imagens de ambos os sistemas sensores Landsat-8 e Sentinel-2 correspondem a faixa do verde e vermelho visível e infravermelho próximo. A segmentação foi utilizada como base para a coleta das áreas de treinamento e a classificação com o método MAXVER (Máxima Verossimilhança). Como houveram alguns conflitos entre as classes de uso e cobertura da terra classificadas, realizou-se a substituição destes IDs por meio de uma máscara elaborada com base nas formações litológicas, assim onde a litologia não propiciava a ocorrência de carvão mineral, as áreas classificadas nessa classe foram alteradas para a classe área antropizada. Foi verificado que os resultados obtidos foram estatisticamente semelhantes, portanto em se tratando da elaboração de mapas temáticos ambos os sensores podem ser usados. Na classificação de ambientes urbanos sugere-se o aperfeiçoamento das técnicas de amostragem e a utilização de métodos de classificação mais apropriados.

Palavras-chave: Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto, Processamento Digital de Imagens.

1 Introdução

A pesquisa teve como objetivo comparar imagens de diferentes sistemas sensores com distintas resoluções espaciais aplicado para o mapeamento temático das classes de uso e ocupação da terra na bacia Hidrográfica do Rio Urussanga. Desta maneira, considerar as resoluções espaciais pode-se obter um detalhamento mais preciso para a classificação de cada classe de uso. O mapeamento temático de uso e cobertura da terra constitui um importante instrumento em estudos ambientais, em tomada de decisão sendo fundamental em políticas públicas, uma vez que faz a ligação entre o meio físico e o socioeconômico (MONTEIRO, 2008). Recursos do sensoriamento remoto para análise e interpretação de fotografias aéreas e imagens orbitais no reconhecimento de padrões de

uso da terra, determinaram uma nova era, um marco nos estudos de uso da cobertura da terra (IBGE, 2013). Os tipos de uso e cobertura da terra podem ser múltiplos, levando em consideração que nem sempre a cobertura está relacionada ao uso da terra (CALIXTO et al., 2017).

2 Referencial Teórico

2.1 Sensoriamento Remoto

É o que busca na tecnologia à representação e coleta de dados a distância, sem necessidade do contato físico direto com a superfície da terra. Neste trabalho os dados estão relacionados com a cobertura vegetal de uma parte da superfície terrestre. Utilizando assim imagens obtidas por câmeras aéreas e por sensores remotos orbitais. Os sistemas sensores para coletas foram OLI / Landsat-8 e MSI / Sentinel-2. (SALLES, 2017.)

O Sensoriamento Remoto está consolidado em diferentes ramos da ciência. Suas imagens polissêmicas e recursos para realizar levantamentos periódicos torna possível a aplicação em diferentes temáticas e o monitoramento de fenômenos dinâmicos e mudanças terrestres, (KALAF, 2018).

2.1.2 Sistema Sensor landsat-8

O satélite é o mais atual de sua série. Entrou em operação em 11 de fevereiro de 2013 pela Nasa na base aérea de Vandenberg no estado da Califórnia (EUA), operado a uma altitude de 705 km, em uma órbita quase polar com orientação de 98,2°. Cruza a linha do equador às 10:00 horas com diferença de 15 minutos para mais ou para menos. (USGS, 2013).

As imagens de satélites vêm sendo utilizadas para análise de superfícies por apresentarem diferentes bandas espectro visível (VIS) e do infravermelho de ondas curtas (SWIR). Desse modo, apresentam uma ampla gama de características de terreno e uma alta resolução espacial. As imagens empregadas nesse trabalho são do sensor OLI do satélite Landsat 8, que podem ser adquiridas gratuitamente pelo USGS (U.S. Geological Survey), NASA (National Aeronautics and Space Administration) e INPE (Instituto Nacional de Pesquisa Espacial), (MIRANDA, 2017).

2.1.2 Sistema Sensor Sentinel-2

Dados de observação para a próxima geração de produtos operacionais, como mapas de cobertura terrestre, mapas de detecção de mudança de território e variáveis geofísicas, (EUROPE, 2017).

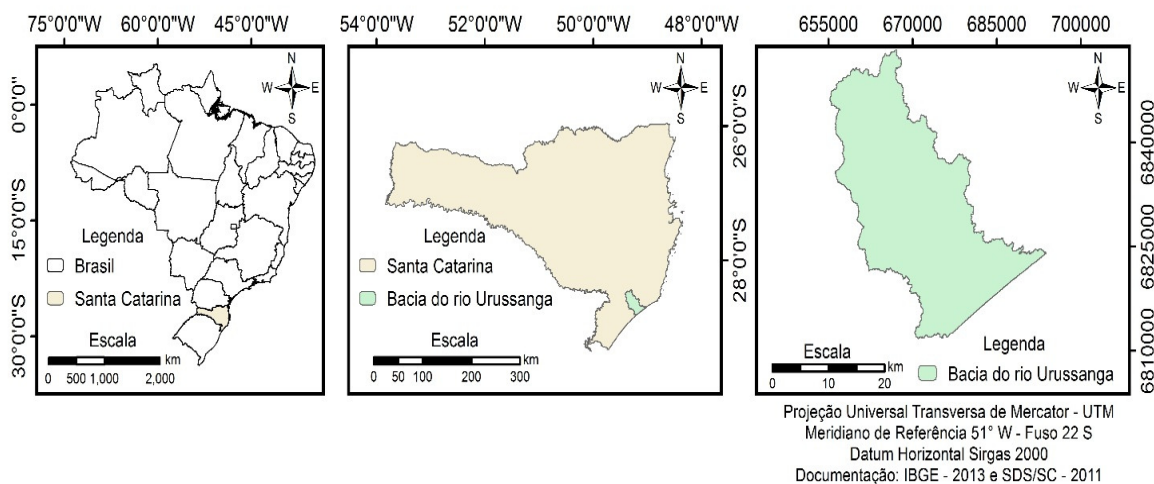
O lançamento do Satélite ocorreu em 23 de junho de 2015, possui imagens multiespectrais e oferece 13 bandas espectrais: quatro bandas a 10 metros, seis bandas a 20 metros e três bandas a uma resolução espacial de 60 metros. Possui resolução radiométrica (quantificação de 12bits por pixel.), (DGTERRITORIO, 2017).

3 Metodologia

3.1 Área de Estudo

A área de estudo corresponde a bacia hidrográfica do rio Urussanga que apresenta área total de 679.68 km², localizada entre as coordenadas geográficas 28°26'09" e 28°48'37" de latitude Sul e 49°00'57" e 49°24'50" de longitude Oeste, (Figura 1).

Figura 1 - Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Urussanga



Fonte: Autores, 2018.

3.2 Imagens de Satélite

O uso de imagens de satélite como meio de se obter dados remotos diversos vem se tornando cada dia mais difundido, tanto no meio científico como em áreas comerciais. Para isso, utilizou-se dois tipos diferentes de imagens de satélite para o mapeamento das classes de uso e ocupação da terra na bacia Hidrográfica do Rio Urussanga. (Tabela 1).

Tabela 1 – Características das imagens

Características	Landsat-8	Sentinel-2
Sistema Sensor	Operational Land Imager – OLI	MultiSpectral Instrument - MSI
Órbita/ponto	220/80	22 JFP
Bandas	B05/B04/B03	B08/B04/B03
Resolução espacial	30m	10m
Data da imagem	19/11/2016	06/12/2016
Fonte	<i>United States Geological Survey – USGS</i>	<i>Sentinel Public Image Browser</i>

Fonte: Autores,2018

Etapas de trabalho

Definição da área de Estudo
Escolha das bandas espectrais
Obtenção das imagens

Software ArcGis 10.3.1

Reprojeção e recorte da área de estudo
Definição das classes de uso e cobertura da terra

Software IDRISI Selva

Ajuste de contraste
Segmentação com similaridade igual a 1 e janela de varredura 3x3
Classificação com algoritmo MAXVER
Aplicação de filtro de mediana com janela 3x3 para minimizar os conflitos

Software ArcGis 10.3.1

Substituição de IDs

No estudo foram usadas imagens do satélite Landsat-8, sensor *Operational Land Imager* - OLI de 19/11/2016, órbita/ponto 220/80, foram obtidas no site do *United States Geological Survey – USGS*. Foram utilizadas também imagens do satélite Sentinel-2, sensor *MultiSpectral Instrument* - MSI de 06/12/2016, órbita/ponto 22JFP, obtidas do site *Sentinel Public Image Browser*. As imagens do sensor OLI possuem resolução espacial de 30 metros, já as imagens do sensor MSI possuem resolução espacial de 10 metros na faixa do visível e do infravermelho próximo.

A escolha das imagens teve como critério: baixa cobertura de nuvens; serem do mesmo ano e pertencer a mesma estação do ano. As bandas selecionadas para o estudo foram: infravermelho próximo, vermelho e verde. No sensor OLI, estas imagens correspondem as bandas 5/4/3 e no sensor MSI estas imagens correspondem as bandas 8/4/3. Foram utilizados para o processamento das imagens os softwares ArcGis 10.3.1 e IDRISI Selva.

Percebeu-se que as imagens Landsat-8 estavam inicialmente no Datum WGS 84, coordenadas UTM, fuso 22 Norte, sendo necessária sua reprojeção para o Datum SIRGAS 2000, coordenadas UTM, fuso 22 Sul. As imagens Sentinel-2 em estado bruto estavam no Datum WGS 84, coordenadas UTM, fuso 22 Sul, e assim foram também reprojatadas para o Datum SIRGAS 2000, coordenadas UTM, fuso 22 Sul.

Na sequência foi realizado o recorte da área de estudo para todas as bandas espectrais selecionadas, utilizando o software ArcGis. Em seguida, procedeu-se a conversão radiométrica da imagem referente ao ano de 2016 que apresentava originalmente 16 bits para 8 bits, procedimento este que objetivou padronizar todas as imagens quanto a resolução radiométrica, para isso foi utilizada a ferramenta `gdal_translate`.

A etapa seguinte correspondeu a importação das imagens dos sensores para o software IDRISI Selva para a realização dos demais procedimentos de processamento digital das imagens, dentre os quais tem-se:

1) Ajuste de contraste – Após a importação das imagens e a análise do histograma percebeu-se que as mesmas apresentavam baixo contraste. Realizado o melhoramento de contraste foi possível trabalhar a composição RGB das bandas, o que permitiu evidenciar a diferenciação do uso e ocupação da terra.

2) Definição das classes de uso e ocupação da terra – Para a execução desta etapa foram estabelecidas oito classes: vegetação arbórea/arbustiva (florestas secundárias e plantios comerciais), área urbanizada, área antropizada, massas de água, área minerada, campo de duna, área de sombra e nuvem. A partir desta etapa deu-se ênfase à análise da evolução multitemporal da vegetação arbórea/arbustiva.

3) Procedimento de amostragem – Inicialmente, foi efetuada a segmentação das imagens utilizando como base uma composição colorida falsa-cor (bandas 5/4/3 para o sensor OLI e as bandas 8/4/3 para o sensor MSI). Para tanto, foi utilizado um índice de similaridade igual a 1 e janela de varredura 3x3. Depois disso, procedeu-se a coleta das áreas de treinamento tendo como base os segmentos que foram utilizados para gerar o arquivo de assinatura das classes de uso e ocupação da terra.

4) Classificação de imagens – Foi realizada a classificação pixel a pixel pelo método de classificação supervisionado Máxima Verossimilhança – MAXVER.

5) Aplicação de filtro – Para minimizar conflitos existentes nas imagens classificadas, foi executada a aplicação de um filtro de mediana com janela 3x3.

6) Substituição de ID – Após a aplicação do filtro, percebeu-se a permanência de um conflito entre as classes: área minerada e área antropizada. Este conflito se deve à similaridade da resposta espectral existente entre as classes área minerada e área antropizada. Neste caso, o conflito se dá devido ao fato de que os solos propícios à atividade de rizicultura (compreendida na classe área antropizada) apresenta resposta espectral semelhante às áreas de extração de carvão mineral (compreendida na classe área minerada). A concentração do conflito se dá no médio e baixo curso do rio Urussanga na bacia, onde é

desenvolvida a rizicultura. Para solucionar o conflito optou-se pelos seguintes procedimentos:

- a) Criação de uma máscara para eliminar o conflito em questão, na qual foi atribuído o valor 0 (zero) para as áreas sem conflito e valor 10 (dez) para as áreas com presença de conflito. Este procedimento utilizou como critério as formações litológicas existentes na bacia – foram então criadas duas grandes áreas: uma constituída por litologias que possam apresentar disposição de rejeitos piritosos decorrentes da extração de carvão mineral em superfície, bem como áreas de deposição de rejeitos piritosos provenientes da lavra realizada em minas subterrâneas e outra constituída por litologias com menor possibilidade de apresentar disposição de rejeitos provenientes da mineração carbonífera.
- b) A etapa seguinte consistiu no uso da máscara para realizar a substituição do ID das áreas conflitantes pelo ID da classe que representa o real uso e ocupação da terra – para isso, foi realizado a soma da imagem classificada com a máscara gerando assim uma nova imagem. Em seguida, realizou-se a reclassificação desta imagem, na qual foi alterado o ID da classe área minerada na região que apresentava conflito pelo ID da classe área antropizada.

4 Resultados

O resultado mostrou limitação na classificação de áreas urbanas a partir de imagens digitais do sistema sensor OLI/Landsat-8 com resolução espacial de 30 metros se comparado com as imagens do sistema MSI/Sentinel-2 com resolução espacial de 10 metros. Acredita-se que para a classificação de ambientes urbanos, o aperfeiçoamento das técnicas de amostragem e a utilização de métodos de classificação mais apropriados, podem melhorar o resultado obtido num processo de classificação de uso e cobertura da terra, (Tabela 2).

Tabela 2 – Resultado da classificação do uso e cobertura da terra

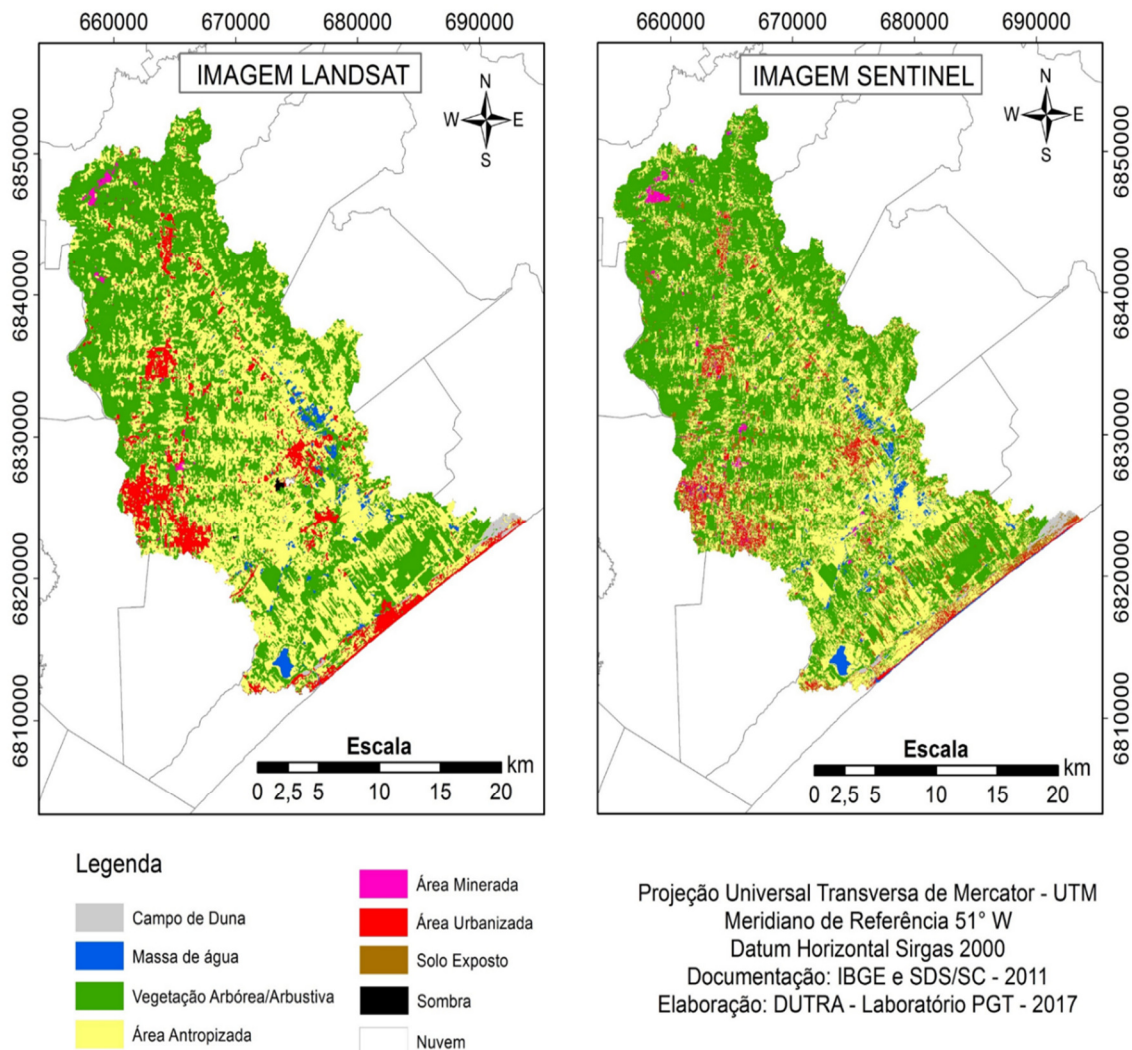
Classe_Uso	Landsat-8			Sentinel-2			Diferença	
	Área (há)	Área (km ²)	%	Área (há)	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%
Vegetação								
Arb/Arbt	32033,88	320,819	47,2	34945,29	349,744	51,5	-28,925	-4,3
Área Antropizada	28803,78	288,470	42,4	28025,64	280,287	44,9	8,183	1,2
Área Urbanizada	5314,68	53,226	7,8	2622,51	26,438	3,9	26,789	3,9
Massa de água	911,88	9,132	1,3	1167,84	11,683	1,7	-2,550	-0,4
Área Minerada	290,16	2,906	0,4	654,39	6,566	1,0	-3,660	-0,5
Campo de Duna	398,43	3,990	0,6	496,44	4,970	0,7	-0,980	-0,1
Sombra	63,54	0,636	0,1	0	0	0,0	0,636	0,1
Nuvem	50,58	0,507	0,1	0	0	0,0	0,507	0,1

Fonte: Autores,2018.

A comparação entre as imagens dos sistemas sensores OLI/Landsat-8 e MSI/Sentinel-2 possibilita vermos o detalhamento alcançado com a imagem do sensor MSI.

As classes Vegetação Arb/Arbt, Área Antropizada e Área Urbanizada foram as que tiveram um aperfeiçoamento das suas áreas de ocupação. A Vegetação Arb/Arbt em primeira análise da imagem do sensor OLI/Landsat-8 tinha o total de sua área em 320,819km², já na segunda imagem que seria a do sensor MSI/Sentinel-2 o total da área aumentou para 349,744km², na comparação entre elas teve-se um aumento significativo de 28,925 km², a Área Urbanizada não muito diferente da Vegetação Arb/Arbt porem com uma perda de 3,9% da sua área total, isto é, de 53,226km² passou para 26,438km². Na Área de Mineração obtivemos uma mudança profunda devido a refletância e coloração semelhante ao da Área de Urbanização, que com o sensor MSI conseguimos uma melhor qualificação de tais áreas e assim conseguindo geral um detalhamento importante para sua diferenciação.

Figura 2 - Mapas temáticos das imagens classificadas LANDSAT-8 e SENTINEL-2 - software ArcGis



Fonte: Autores, 2018.



5 Conclusão

Os diferentes sistemas orbitais pesquisados apresentam distintas funções, podemos destacar algumas características de aplicações como mapeamentos urbanos e rurais que exijam alta precisão dos dados (cadastramento, redes, planejamento, telecomunicações, saneamento, transportes), aplicações gerais em Sistemas de Informação Geográfica, estudo de áreas verdes urbanas, demarcações de propriedades rurais, laudos periciais em questões ambientais.

Foi verificado que os resultados obtidos com os sistemas sensores utilizados, apresentaram estatisticamente resultados temáticos semelhantes, mesmo considerando a resolução espacial de 30 e 10 metros.

Demonstrando que as imagens dos sistemas sensores em questão podem ser usados para elaboração de cartografia temática na escala aproximada 1/50.000 em conformidade para atender mapeamento de uso e ocupação da terra em bacias hidrográficas.

REFERÊNCIAS

AMERICANO, J. A. {ANO, Usgs - Geological Survey / Serviço de Levantamento Geológico. **Aquisição de imagens orbitais digitais gratuitas do satélite Landsat-8: data de passagem 04/08/2013 EUA.** Disponível em: <<http://landsat.usgs.gov>>. Acesso em: 16 ago. 2017.

CALIXTO, Daiane David et al. **ANÁLISE COMPARATIVA EM IMAGENS OLI/LANDSAT-8 E MSI/SENTINEL-2 NO MAPEAMENTO DO USO E COBERTURA DA TERRA.** 2017. Disponível em: <http://docs.fct.unesp.br/departamentos/cartografia/eventos/2017_IV_SBG/_artigos/2017_SBG_CTIG_paper_37.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2017.

DGTERRITORIO. **Breve descrição dos Satélites Sentinel: Sentinel-2.** Disponível em: <http://www.dgterritorio.pt/cartografia_e_geodesia/cartografia/detecao_remota/copernicus/componente_espaco/breve_descricao_dos_satelites_sentinel/>. Acesso em: 16 ago. 2017).

EUROPE, UnitedSpace In. **Mission Objectives.** Disponível em: <<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2/mission-objectives>>. Acesso em: 16 ago. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual Técnico de Uso da Terra.** 3ª edição, Rio de Janeiro. 2013. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81615.pdf>>. Acesso: agosto 2017.

KALAF, Raíssa; BRASILEIRO™, Roberta; CARDOSO, Phillipe Valente. **Avanços para mapeamento em mesoescala.** Disponível em: <http://www.cartografia.org.br/cbg/trabalhos/90/51/resumo-geotec-roberta-raissa-1_1374611841.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2017.



MIRANDA, Mateus de Paula; PONTES, Marcos Paulo. **Emprego de Técnicas de Processamento Digital em Imagens Landsat 8 Para Mapeamento Geológico.** Disponível em: <<https://revista.ufrb.br/rga/article/view/2996/1733>>. Acesso em: 16 ago. 2017.

MONTEIRO, CÉSAR LUÍS SOARES. **Proposta de Classificação do Uso e da Cobertura da Terra e sua Representação Cartográfica na Escala 1:10.000.** Florianópolis, julho 2008. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/91679/257948.pdf?sequence=1>>. Acesso: agosto 2017.

SALLES, Ayr Trevisanelli; VALÉRIO FILHO, Mário; FLORENZANO, Teresa Gallotti. **MONITORAMENTO DA COBERTURA VEGETAL E DO USO DO SOLO DA RESERVA INDÍGENA CAARAPÓ - MS, ATRAVÉS DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO.** Disponível em: <<http://www.multitemas.ucdb.br/article/viewFile/1241/1157>>. Acesso em: 16 ago. 2017.

Fonte financiadora: Sou grata pela possibilidade de poder fazer parte dos bolsistas de iniciação científica do programa PIBIC/UNESC. Programa que desperta em nós acadêmicos a busca por pesquisas que sejam colocadas em prática e concluídas, e sermos orientados por pesquisadores.

3815994 ANÁLISE DE UM CONCRETO DE PÓS REATIVOS COM E SEM FIBRAS E COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO POR ESCÓRIA

Jonas Carvalho José, Ângela Costa Piccinini

UNESC – Universidade Do Extremo Sul Catarinense (Engenharia Civil).

O concreto de pós reativos (CPR) é uma mistura composta por materiais de baixa granulometria, com isso, são eliminados os vazios da estrutura internamente, ganhando uma maior resistência e homogeneidade. A utilização do CPR em outros países já possibilitou construções mais leves, esbeltas, de baixo custo de manutenção e com maior vida útil. A adição de fibras tem contribuído para maiores resistências. Este trabalho visa diminuir o custo da mistura de um CPR, além de presar pela parte ambiental, com a substituição em, aproximadamente, 35% de cimento pela escória de alto forno. A mistura foi composta de sílica ativa, cimento, escória de alto forno, areia e uma solução de água com superplastificante. Foram moldados 12 corpos de prova cilíndricos, sendo 06 de referência e 06 com 3 % de adição de fibra metálica, com dimensões de 5x10 cm, para análise de compressão axial. Nos corpos de prova sem fibra, obteve-se uma resistência à compressão de 73,90 MPa, aos 7 dias, e 84,70 MPa, aos 28 dias. Nos corpos com fibra, a resistência à compressão foi de 70,69 MPa, aos 7 dias, e 89,14 MPa, aos 28 dias. Por ser um concreto ecoeficiente, com menor consumo de cimento, os resultados encontrados foram satisfatórios, ficando acima da média para um concreto comum, e com maior durabilidade por possuir menos vazios.

Palavras-chave: concreto, pós reativos, resistência, fibras metálicas, escória de alto forno.

1 Introdução

Devido às demandas do mercado da construção civil, novos materiais precisam ser desenvolvidos, seja em função da necessidade de maior capacidade de carga, de menor permeabilidade, de maior durabilidade, ou de quaisquer características necessárias para sua aplicação. (MALLMANN, 2014).

Segundo Soto (2014), após o concreto convencional, já houve o desenvolvimento do concreto de alta resistência, o concreto de alto desempenho e, mais recentemente, o concreto de ultra alto desempenho. O concreto de pós reativos ou somente CPR pode atingir resistências de um concreto de ultra alto desempenho. São concretos formados de partículas com diâmetro máximo menor que 2mm, que estão aplicados em elementos estruturais. O material oferece grandes resistências à compressão e, também, à tração e à flexão, quando adicionada fibras metálicas na sua composição. (VANDERLEI, 2004).

O concreto convencional tem atingido resistências de até 60 MPa, e o CPR está numa faixa de resistência à compressão entre 200 MPa e 800 MPa. Além disso é composto basicamente de pós - areia de quartzo, cimento comum, pó de quartzo e sílica ativa (microssílica) -, fibras de aço de pequenas dimensões, superplastificante e água. Os CPRs são fabricados em condições semelhantes aos concretos convencionais, porém com baixíssima relação água/cimento - cerca de 0,15. (BINA, 1999).

As fibras metálicas também têm grande influência no composto. Conforme Vanderlei e Giongo (2006), elas atuam redistribuindo as tensões internas e, desse modo, combatem

o aparecimento das primeiras fissuras, aumentam sua resistência e tornam o material mais dúctil.

A escória de alto forno é um subproduto do processo metalúrgico (com geração estimada entre 70 a 170 kg/t aço bruto), obtido durante a fundição dos metais, quando as impurezas são separadas e removidas em diversas faixas granulométricas. (ROSSA, 2012).

A abordagem das relações entre produção, ambiente e saúde fica enfatizada em casos específicos de saúde coletiva, como o que apresenta a produção industrial do cimento. (MAURY, 2012).

Yang *et al* (2009), para redução de custo e de impacto ambiental, analisaram uma mistura com substituição de parte do cimento por escória de alto forno (GGBS- *ground granulated blast-furnace slag*) e sílica fume (SF). Hassan (2013) também utilizou GGBS substituindo parte do cimento para análise de um concreto de ultra alto desempenho para aplicação em pontes rodoviárias.

Este trabalho tem o objetivo de avaliar a resistência à compressão de concreto de pós reativos com substituição de 35% de cimento Portland por escória de alto forno, reduzindo custo e impacto ambiental. Serão analisados corpos de prova com e sem adição de fibras metálicas.

2 Metodologia

2.1 Materiais utilizados

2.1.1 Cimento Portland

O cimento utilizado foi o CP-V- ARI, que atinge altas resistências já nos primeiros dias da aplicação.

2.1.2 Areia

A areia foi fornecida pelo IPT (Instituto de Pesquisa e Tecnologia) de acordo com a NBR 7214/2015, sendo que a utilizada foi a de nº 50.

2.1.3 Sílica Ativa

A sílica ativa utilizada na pesquisa apresenta diâmetro médio das partículas de 0,20 μm e massa específica de 2,22 g/cm^3 e foi disponibilizada pelo Iparque (Parque Científico e tecnológico da Unesc).

2.1.4 Escória de alto forno

A escória de alto forno foi moída e peneirada na peneira de nº 30 de 600 μm , sendo disponibilizado pela UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul).

2.1.5 Superplastificante

O aditivo utilizado foi da marca SIKA, da linha Viscocrete® 3535 cb, o líquido possui uma cor castanha e um pH de 5.00 - 10.00.

2.1.6 Fibras Metálicas

As fibras metálicas utilizadas têm nome comercial de DRAMIX OL TYPES, uma fibra importada da china, que tem dimensões de 13 mm de comprimento e 0,15 mm de espessura.

2.2 Método

A moldagem foi realizada de acordo com a norma 5738:2015 em corpos de provas (CP) cilíndricos com 5 cm de diâmetro e 10 cm de altura.

No estudo, foi analisada a resistência à compressão do concreto de pós reativos com 35% de substituição do cimento Portland por escória de alto forno. Foram analisados 12 corpos de prova, sendo 06 de referência e 06 com adição de 3% de fibras metálicas. Os corpos de provas (CP) foram submetidos a ensaios de compressão axial aos 7 e aos 28 dias. Os testes foram realizados no laboratório LMCC (Laboratório de Materiais de Construção Civil) localizado no IPARQUE (Parque Científico e Tecnológico) da UNESC.

O traço utilizado foi baseado no estudo experimental de Yang *et al* (2009). A Tabela 1 mostra o traço utilizado neste estudo.

Tabela 1: TRAÇO DO ESTUDO EXPERIMENTAL CPR

Material	Dosagem – Sem fibras	Kg/m ³
Cimento CP V – Ari	1	657
Areia	1,6	1051
Sílica Ativa	0,182	119
GGBS	0,65	430
Superplastificante	0,027	18
Relação água cimento	0,293	181

w/b = 0,16

As misturas se diferem somente na adição das fibras, onde utilizou-se na dosagem 3% de fibras em relação ao cimento utilizado na mistura.

A partir do traço, o trabalho consistiu na moldagem de 12 corpos de prova cilíndricos, sendo realizado o ensaio de compressão axial, aos 7 e aos 28 dias.

2.2.1 Primeira etapa

A primeira etapa foi a confecção dos corpos de provas sem fibras metálicas, conforme a dosagem da tabela 1. Os materiais foram pesados previamente e separados em bandejas, para serem misturados posteriormente.

O misturador utilizado foi de 5 litros do LMCC (laboratório de Materiais de Construção) da UNESC.

Com o misturador mecânico ainda desligado foram adicionados os materiais, sílica, cimento, GGBS e areia, respectivamente, exceto água e aglomerante. Foi deixado por 5 minutos em velocidade baixa.

Após esse período, com o misturador ligado, foi acrescentado água e aglomerante em uma solução única e mais 5 minutos em velocidade baixa, logo após colocou-se na

velocidade alta por mais 5 minutos. Observou-se que, a partir de 8 minutos, com a adição da solução, a mistura começa a se homogeneizar e com possibilidade de ser moldada. Foram confeccionados 6 corpos de provas.

A mistura pronta foi moldada segundo a NBR 7215:1996 em corpos de prova cilíndricos com medida 5 cm de diâmetro e 10 cm de altura.

Após 48 horas, os corpos de provas foram retirados dos moldes e colocados em um tanque com água a 23° C, em que permaneceram até o dia de sua ruptura.

2.2.2 Segunda etapa

Para a segunda etapa, foi adicionado na mistura 3% de fibras com relação ao cimento. A mistura realizada seguiu a mesma linha da primeira etapa, porém as fibras foram adicionadas somente aos 13 minutos de mistura e colocada em partes para que se distribuíssem bem no composto.

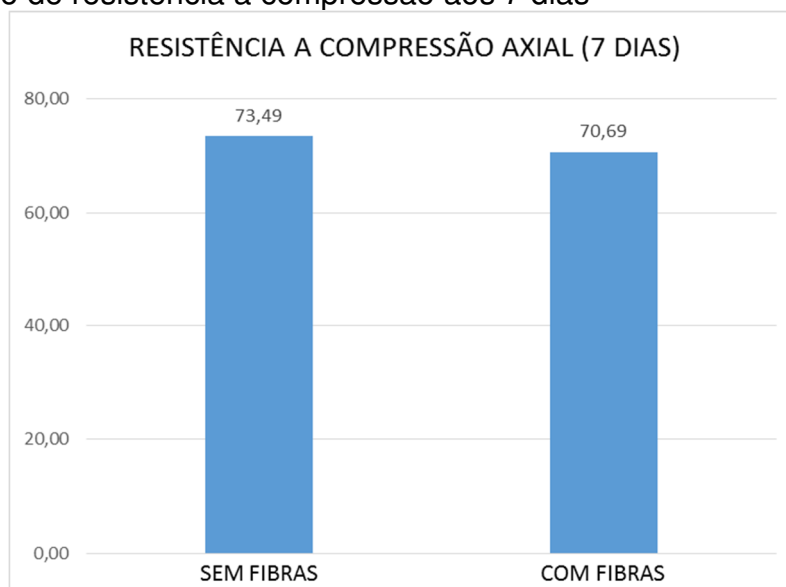
A moldagem seguiu o procedimento descrito na primeira etapa. Também, após as 48 horas, os corpos de prova foram retirados dos moldes e colocados em um tanque com água a 23° C, em que permaneceram até o dia de sua ruptura.

4 Resultados

4.1 Resistência à compressão

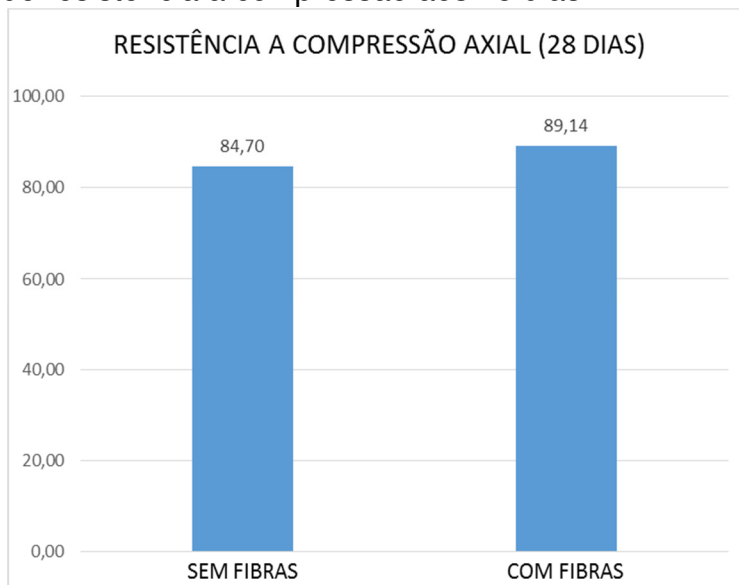
O ensaio de resistência à compressão axial seguiu a ABNT NBR 5739:2007. Foram ensaiados 6 corpos de prova aos 7 dias, sendo 3 com fibras, e 3 sem fibras, ambos com cura submersa em temperatura ambiente. Aos 28 dias foram ensaiados 6 corpos de prova, sendo também 3 com fibra, e 3 sem fibras, com o mesmo tipo de cura. Os resultados encontrados estão nas Figuras 1 e 2.

Figura 1 – Gráfico de resistência à compressão aos 7 dias



Fonte: Autor, 2018.

Figura 2 – Gráfico de resistência à compressão aos 28 dias



Fonte: Autor, 2018.

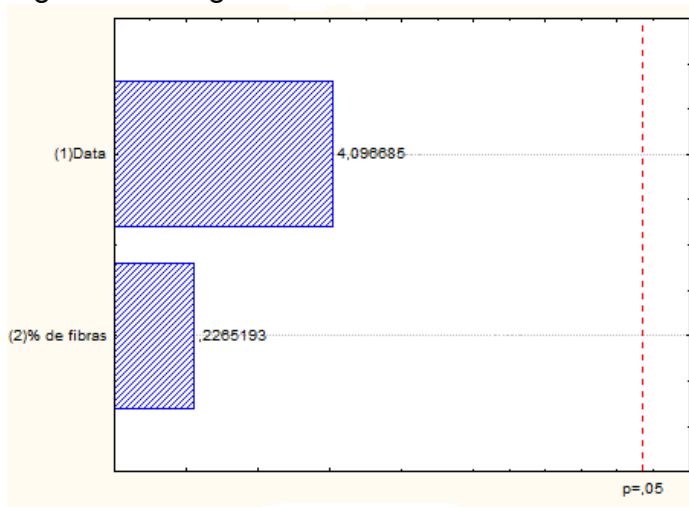
Com a utilização de 35% a mais de cimento na mistura, Machado (2017) obteve resultados inferiores aos encontrados nesta pesquisa, onde nos 7 dias sem fibras obteve 43,18 MPA, e com fibras 58,77 MPA, e aos 28 dias sem fibras, Machado (2017) obteve 65,89 MPA, e com fibras 76,66 MPA. Através disso, verifica-se a relevância dos resultados obtidos, que com a substituição de parte do cimento, conseguiu-se maiores resistências e com redução de impacto ambiental.

4.2 Análise fatorial

A análise fatorial foi realizada com o auxílio do *software* Statistica 7 adquirido pela UNESC.

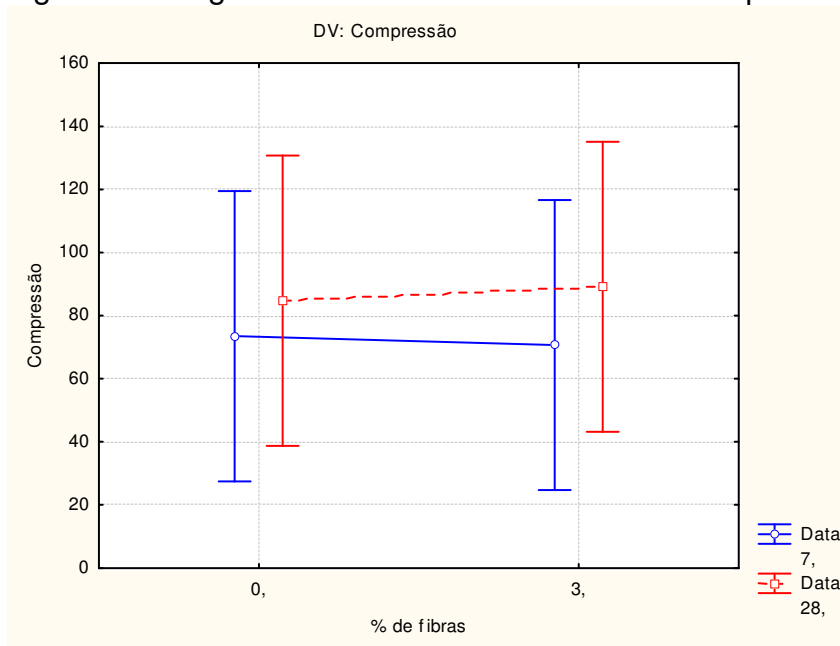
A Figura 3 apresenta o diagrama de Pareto, onde observa-se que a data de ensaio teve maior influência na resistência à compressão que a adição de fibras. Mesmo assim, nenhum dos fatores apresentou significância na resistência à compressão.

Figura 3 – Diagrama de Pareto



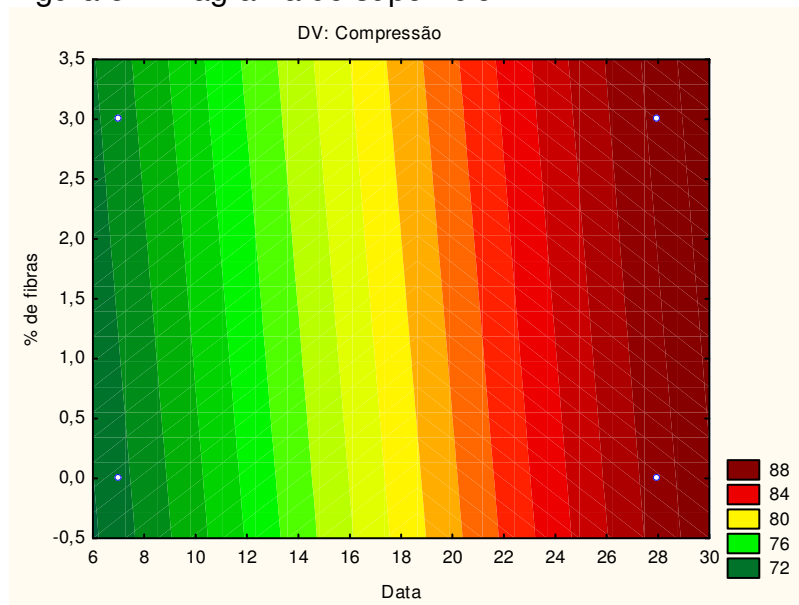
A Figura 4 apresenta o diagrama das médias das resistências aos 7 a os 28 dias.

Figura 4 – Diagrama das resistências médias à compressão



Pelo diagrama de superfície, na Figura 5, observa-se, novamente, a não significância da adição de fibras no resultado. Quando se compara aos 7 e aos 28 dias, observa-se o aumento na resistência com a idade, conforme Figuras 4 e 5, mas, não foi significativa, conforme Figura 3.

Figura 5 – Diagrama de superfície



5 Conclusão

Os estudos experimentais realizados neste trabalho permitem concluir que:

- A adição de fibras na mistura não influenciou nas primeiras idades. A resistência à compressão aos 7 dias, sem fibras, foi de 73,49 MPA, e com fibras foi de 70,69 MPA, tendo uma diferença de 4%.
- A resistência à compressão aos 28 dias com fibras foi superior do que a sem fibras, observou-se uma diferença de 5,24%, enquanto o sem fibras ficou em 84,70 MPA, o com fibras ficou com 89,14 MPA. Mas, essa diferença estatisticamente não é significativa.
- Comparando-se a resistência à compressão, aos 7 e aos 28 dias, verifica-se um acréscimo de 26,10% nos corpos de prova com fibras, e 15,25% nos sem fibras.

Com base nos resultados obtidos neste estudo, fica evidente que este concreto de pós reativos, com redução de cimento, por substituição de escória de alto forno, reduzindo custo e impacto ambiental, é uma mistura que apresentou resultados satisfatórios, com resistência superior ao concreto convencional e com a vantagem de ser um concreto com menos vazios. Apresenta muito potencial para atingir grandes resistências. Mediante a maior caracterização dos materiais utilizados, com aplicação de pressão e fibras metálicas que mostra ser um fator importante, esta mistura pode atingir boa trabalhabilidade, alta resistência à compressão e à tração, maior durabilidade e ductilidade.

Alemanha, França e Japão são países que já possuem manuais de instruções específicos de utilização do CPR. Contudo, no Brasil, ainda faltam estudos para esse material, logo, são necessárias pesquisas para aproveitar o máximo potencial e alcançar excelentes durabilidades e propriedades mecânicas.

REFERÊNCIAS

Associação brasileira de normas técnicas (2015). **NBR 5738**: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro.

Associação brasileira de normas técnicas (2007). **NBR 5739**: Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro.

Associação brasileira de normas técnicas (1996). **NBR 7215**: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro.

BINA, Paulo. **Concreto de pós reativos: uma revolução no conceito do concreto**. Revista techne, Sao Paulo: Pini, n° 8, p.50-51, jan/fev, 1999.

HASSAN, A. M. T. **Ultra high performance fibre reinforced concrete for highway bridge applications**. Ph. D. Tese. University of Liverpool, Inglaterra, 2013.

MACHADO, Gabrieli Formentin; PICCININI, Ângela Costa. **Análise experimental do comportamento do concreto pós reativos - cpr**. 2017. 15 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2017.

MALLMANN, Patrícia Fiegenbaum. **Concreto de Pós Reativos: Adição de Nanosílica**. 2013. 67 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

MAURY, Maria Beatriz; BLUMENSCHNEIN, Raquel Naves. **Produção de cimento: Impactos à saúde e ao meio ambiente**. 2012. 21 f. Sustentabilidade em Debate, Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

ROSSA JUNIOR, J.; PORTELLA, K. F.. **Adição de escória de alto forno em argamassas colantes tipo AC-I**. 2012. 7 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

SOTO, Nicolle Talyta Arriagada. **Avaliação das propriedades do concreto de pós reativos: um estudo de durabilidade**. 2014. 58 f. Monografia (Especialização) - Curso de Curso de Especialização em Patologias das Construções, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

VANDERLEI, Romel Dias. **Análise experimental do concreto de pós reativos: dosagem e propriedades mecânicas**. 2004. 196 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

VANDERLEI, Romel Dias; GIONGO, José Samuel. **Análise experimental do concreto de pós reativos: dosagem e propriedades mecânicas**. 2006. Universidade Estadual de Maringá, São Carlos, 2006. 34 p.



YANG, S.L., Millard, S.G., Soutsos, M.N., Barnett, T.T. **Influence of aggregate and curing regime on the mechanical properties of ultra-high performance fibre reinforced concrete (UHPFRC)**. 2009. Construction and Building Materials-Elsevier, v. 23, n. 6, p. 2291 -2298.

Fonte financiadora: Foi recebido um apoio do CNPq.

6717691 AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DA INFLUÊNCIA DA ARMADURA DE PELE NO COMBATE AO CISALHAMENTO EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO.

Vanessa Gomes Roxo, Alexandre Vargas

UNESC - Universidade do Extremo Sul Catarinense (Engenharia Civil).

O cisalhamento em vigas de concreto armado pode ser combatido através de armadura transversal em forma de estribos, e/ou, por barras longitudinais dobradas. Em vigas com altura superior a 60 cm (sessenta centímetros) a NBR 6118:2014 indica o uso de armadura de pele posicionada longitudinalmente nas duas faces da viga. Porém, no cálculo da armadura de combate ao esforço cortante, as armaduras de pele não são consideradas, embora seccionem as fissuras inclinadas típicas de cisalhamento, da mesma forma que os estribos. Nesse contexto, esse trabalho tem por objetivo dar continuidade aos estudos de ANTUNES (2017), na análise experimental da influência da armadura de pele no combate ao cisalhamento em vigas de concreto armado, com alturas inferiores ou iguais a 60 cm (sessenta centímetros). Para o desenvolvimento da pesquisa, foram moldados dois grupos de oito vigas cada, onde, quatro vigas são com armadura de pele, e quatro são sem. Os grupos possuem as mesmas larguras de seção transversal, alterando apenas as alturas. Todas as amostras foram submetidas a ensaios de laboratório com carga aplicada no ponto de interseção de uma linha imaginária de 45° à partir da face interna do apoio até a face superior da viga. Os resultados apresentaram valores de acréscimo na carga de ruptura para as vigas com armadura de pele da ordem de, 15,18% para seção de 12x30 cm e 12,56% para seção de 12x50 cm.

Palavras-chave: Armadura de pele, Cisalhamento, Concreto Armado.

1 Introdução

O aparecimento de fissuras é considerado como um fenômeno natural em estruturas de concreto armado devido a baixa resistência à tração do concreto. Mas essas fissuras são indesejáveis, não apenas pela estética, mas também, por afetarem negativamente a durabilidade do elemento estrutural. Em geral, nas vigas de concreto armado, as principais solicitações são o momento fletor e a força cortante. Rusch (1981) explica que em seções retangulares, as fissuras de flexão, assim que surgem, desencadeiam uma considerável redistribuição de tensões internas com consequências difíceis de calcular e que influenciam a inclinação das fissuras de cisalhamento, acarretando a ruptura da peça. Para contrapor ao surgimento de fissuras, o mais comum é a utilização de armadura transversal em forma de estribos, e/ou, eventualmente utilização de barras dobradas, que têm o papel de ligar os banzos tracionados e comprimidos, combatendo a propagação das fissuras causadas pelo cisalhamento. A NBR 6118:2014 preconiza dois modelos para o cálculo de estribos, denominados Modelo de cálculo I e Modelo de cálculo II. Ambos possuem a mesma analogia considerando uma viga em estado de fissuração como treliça, considerando, porém, distintas limitações da inclinação das bielas de compressão. O Modelo I adota o modelo de treliça de Morsch, que determina diagonais de compressão inclinadas com ângulo fixo de 45° em relação ao eixo longitudinal da peça, admitindo um valor fixo para a parcela complementar da resistência interna do concreto V_c , que independe da força

cortante de cálculo Vsd. O Modelo II utiliza a treliça generalizada Morsch, e determina uma variação de 30° a 45° para os ângulos das bielas, admitindo uma redução da resistência interna do concreto V_c , com o aumento da força cortante do cálculo Vsd.

Tendo em vista que a norma NBR 6118:2014 permite uma variação angular da inclinação dos estribos em relação ao eixo longitudinal da peça de 45° a 90°, é significativo salientar que, em grandes vigas, o uso de estribos com inclinação de 45° a 60° limitam, com maior eficiência, a aberturas de fissuras diminuindo os esforços nas bielas de compressão e o valor do deslocamento do diagrama de momentos (Leonhardt e Monnig, 2008). No entanto, é mais usual adotar estribos verticais. Em vigas com altura superior a 60 cm (sessenta centímetros) são adotadas, por determinação da mesma norma, barras complementares nas faces laterais da viga, que recebem a denominação de armadura de pele, calculada com 0,10% da área da seção transversal da alma, para cada face da viga, dispostas no sentido longitudinal com espaçamento não superior à 20 cm (vinte centímetros). Segundo Adorno (1996), as disposições da norma brasileira, e de tantas outras internacionais, apresentam apenas três possibilidades de disposição da armadura para o dimensionamento ao cisalhamento na flexão: armadura transversal constituída apenas por estribos verticais; apenas por estribos inclinados e armadura transversal composta por estribos e barras dobradas da flexão atuando simultaneamente. Em nenhum dos casos é considerada a contribuição da armadura de pele no combate a esse esforço. Considerando que a armadura de pele está disposta de maneira a “cortar” essas fissuras, surge então, o interesse em saber se existe contribuição desta no combate ao esforço cortante. De acordo com o estudo proposto por Hassanean (2006), consegue-se diminuir o ângulo da abertura das fissuras de cisalhamento em vigas curtas, com o uso de barras laterais, com variação do número de camadas ao longo da alma da seção transversal. Já Adorno (1996) afirma que, há um aumento significativo da capacidade resistente ao cisalhamento na flexão em vigas com armadura de pele para relações de distância de carga apoio/ altura útil (a/d). Nesse contexto, o principal objetivo desse estudo é avaliar experimentalmente, a influência da armadura de pele no combate ao cisalhamento em vigas de concreto armado.

2 Metodologia

O planejamento experimental proposto para esse trabalho foi definido pela moldagem de 16 (dezesesseis) vigas de concreto armado, divididas em dois grupos: o grupo A é composto por 8 (oito) vigas com seção transversal de 12x30 cm e comprimento de 2 m (dois metros), e o grupo B é composto por também 8 (oito) vigas, mas seção transversal de 12x50 cm e comprimento igual. Cada grupo foi subdividido em 4 (quatro) vigas com armadura transversal composta apenas por estribos mínimos, e 4 (quatro) vigas com a mesma armadura e acréscimo de barras laterais, com a mesma área de aço dos estribos. Todas as vigas foram ensaiadas ao cisalhamento no LEE – Laboratório Experimental de Estruturas, e o concreto foi ensaiado à compressão axial e módulo de elasticidade, no LMCC – Laboratório de Materiais de Construção Civil, respeitando o estabelecido pela NBR 5739:2018 e NBR 8522:2017. Os dois laboratórios ficam localizados no IParque – Parque Científico e Tecnológico da UNESC.

2.1 Detalhamento e fabricação das vigas

Para armadura de combate à flexão foram adotadas 2 ϕ 12.5 mm na região tracionada e 2 ϕ 5.0 mm como porta estribo. O cobrimento foi de 2,5 cm (dois vírgula cinco centímetros), estabelecido pela NBR 6118:2014, considerando grau de agressividade I. Para a armadura de combate ao cisalhamento foi estabelecido ϕ de 5.0 mm, para estribos de dois ramos verticais, por ser o menor diâmetro especificado pela NBR 6118:2014 e o espaçamento entre os estribos utilizou-se, o critério de espaçamento máximo da NBR 6118:2014, conforme Equação 1.

$$S_{\text{máx}} = 0,6d \leq 300 \text{ mm se } V_{sd} \leq 0,67 VRd \text{ Equação 1.}$$

Onde:

V_{sd} = Força cortante resistente de cálculo;

$VRd2$ = Força cortante resistente de cálculo, relativa à ruína das diagonais comprimidas de concreto.

Assim, os espaçamentos entre estribos ficam definidos: para as vigas com seção transversal de 12x30 cm, adotou-se ϕ 5.0mm cada 15 cm (quinze centímetros) e para as vigas com seção 12x50 cm, ϕ 5.0mm cada 27 cm (vinte e sete centímetros).

O critério para a inserção das barras laterais, foi de utilizar 2 (duas) barras de 5.0mm em cada face, para os dois grupos de vigas, correspondendo a 0,4 cm² em cada face. A Figura 1 apresenta o detalhamento das armaduras das vigas com armadura de pele. As vigas de referência tem a mesma armadura exceto a de pele.

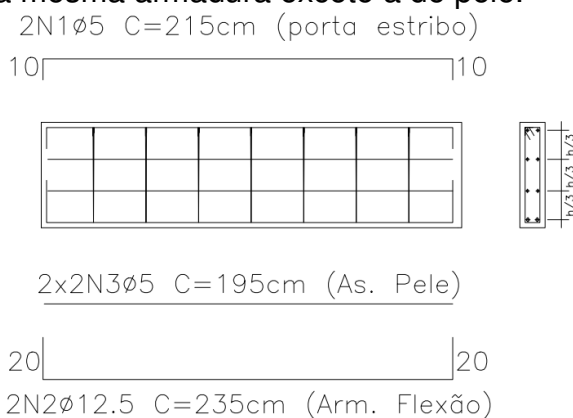


Figura 1: Detalhamento da armadura nas vigas.

O concreto utilizado para a confecção das vigas foi do tipo C30 usinado. Para o controle da resistência, foram moldados seis corpos de prova cilíndricos (ϕ 10x20 cm), que posteriormente foram ensaiados à compressão axial e módulo de elasticidade. Para garantir o cobrimento da armadura foram utilizados espaçadores plásticos. A Figura 2a mostra detalhes da fabricação das vigas e a Figura 2b dos corpos de prova.



Figura 2a: Detalhe da fabricação das vigas.



Figura 2b: Detalhe da moldagem dos corpos de prova.

2.2 Cálculo teórico do esforço cortante de serviço

Com o espaçamento e área de aço dos estribos definidos, calculou-se então, utilizando o Modelo de cálculo I, a força cortante máxima de serviço, sem coeficiente de segurança, através da Equação 2:

$$V_{sw} = \left(\frac{A_{sw}}{s}\right) \cdot 0,9 \cdot d \cdot f_{yw} \cdot (\sin\alpha + \cos\alpha) \quad \text{Equação 2.}$$

onde:

V_{sw} = Força cortante resistida pela armadura transversal (sem coeficiente de segurança);

A_{sw} = Área de aço da seção transversal da viga;

s = Espaçamento entre os estribos, medido segundo o eixo longitudinal da peça;

d = Altura útil da seção, igual à distância da borda comprimida ao centro de gravidade da armadura de tração;

f_{yw} = tensão na armadura transversal passiva, limitada ao valor f_{yk} , no caso de estribos, e a 70% desse valor, no caso de barras dobradas, não se tomando, para ambos os casos, valores superiores a 500 MPa;

α = Ângulo de inclinação da armadura transversal em relação ao eixo longitudinal do elemento estrutural, podendo tomar $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$.

Em seguida, encontrou-se a parcela da força cortante absorvida por mecanismos complementares ao de treliça (V_c), sem coeficiente de segurança, através da Equação 3.

$$V_c = 0,6 \cdot f_{ctk} \cdot b_w \cdot d \quad \text{Equação 3.}$$

Sendo: $f_{ctk} = 0,21 \cdot \sqrt[3]{f_{ck}^2}$ com f_{ck} em Mpa.

Onde:

V_c = Parcela da força cortante absorvida por mecanismos complementares ao de treliça;

f_{ctk} = Valor da resistência à tração do concreto (sem coeficiente de segurança);

b_w = Menor largura da seção, compreendida ao longo da altura útil d ;

d = Altura útil da seção, igual à distância da borda comprimida ao centro de gravidade da armadura de tração;

f_{ck} = Resistência característica do concreto à compressão;

Por intermédio dos valores encontrados, referentes à parcela de força cortante resistida pela armadura transversal da viga e a parcelada força cortante absorvida por mecanismos complementares ao de treliça, encontrou-se a força cortante resistente de serviço V_{sk} , sem coeficiente de segurança, através da Equação 4.

$$V_{sw} = V_{sk} - V_c \quad \text{Equação 4.}$$

Onde:

V_{sw} = Parcela da força cortante resistida pela armadura transversal;

V_{sk} = Força cortante resistente (sem coeficiente de segurança);

V_c = Parcela da força cortante absorvida por mecanismos complementares ao de treliça (concreto);

Considerando as condições de vão e carregamento, obteve-se o valor de P para cada seção transversal com a Equação 5:

$$P = \frac{\{[V_{sk} - (Q \cdot \frac{L}{2})] * L\}}{[L - (h + 0,05)]} \quad \text{Equação 5.}$$

Onde:

V_{sk} = Força cortante resistente (sem coeficiente de segurança);

Q = Peso próprio da viga;

L = vão efetivo da viga;

h = altura da seção transversal;

Para que os resultados sejam o mais próximo possível dos valores reais de força cortante e carga aplicada, não foram utilizados coeficiente de segurança. A Tabela 1 apresenta os resultados teóricos dos valores da força cortante utilizando o Modelo de Cálculo I.

Seção	Ø (mm)	s (cm)	Θ=45°				Força Aplicada (kN)
			V _{sw} (kN)	V _c (kN)	V _{sd} (kN)	V _{sk} (kN)	
12x30cm	5	15	31,65	42,42	74,07	31,65	89,74
12x50cm	5	27	30,92	74,58	105,50	30,92	146,48

Tabela 1: Cálculo da força cortante pelo Modelo de Cálculo I.

2.3 Metodologia de ensaio nas vigas

Para avaliação do combate ao cisalhamento, todas as amostras foram submetidas à ensaio de cisalhamento no Laboratório Experimental de Estruturas – LEE da UNESC, seguindo o seguinte procedimento: foi aplicada uma carga pontual, utilizando o cilindro hidráulico, a uma distância considerando um ângulo de 45° à partir da face interna do apoio. O cilindro hidráulico tem capacidade de 500 kN, sendo que os valores de carga foram

obtidos através da célula de carga instalada na base do cilindro, conectado ao sistema de aquisição de dados Quantum X® que utiliza o *software* Catman Easy®, ambos da marca HBM®. A Figura 3 mostra o esquema adotado no ensaio.

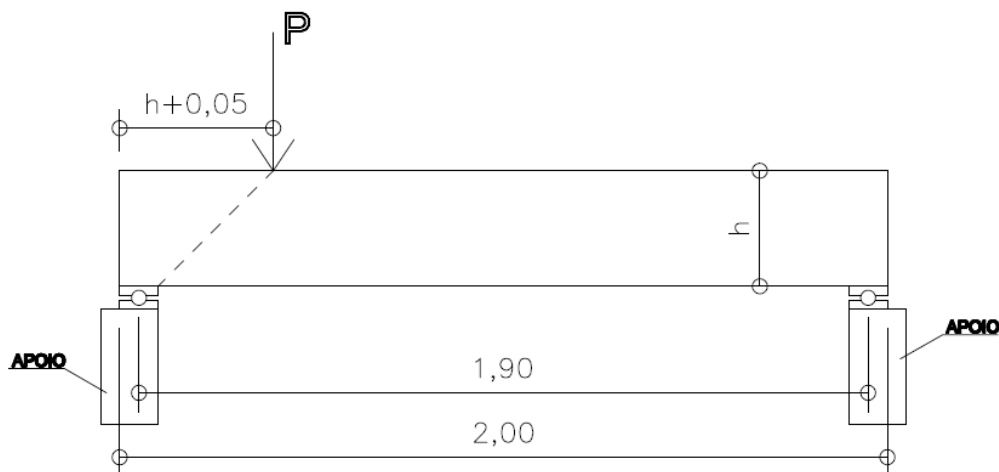


Figura 3: Esquema e equipamentos utilizados no ensaio das vigas.

3 Resultados

3.1 Resistência do concreto à compressão

O ensaio de compressão axial foi realizado 28 (vinte e oito) dias após a concretagem dos corpos de prova (CP). Durante este período os CP permaneceram submersos em tanques, no laboratório de materiais de construção civil localizado no IParque. Os valores obtidos através do ensaio de compressão simples estão apresentados na Tabela 2, onde podemos observar o atendimento ao tipo de concreto especificado.

Corpos de prova	Resistencia à compressão (Mpa)
CP1	34,4
CP2	35,9
CP3	33,7
Média	34,69
Desvio padrão	1,121

Tabela 2: Resistência à compressão axial.

O ensaio de módulo de elasticidade também foi realizado 28 (vinte e oito) dias após a concretagem dos corpos de prova (CP), e os valores obtidos estão apresentados na Tabela3.

Corpos de prova	EC (GPa)
CP1	31,91
CP2	32,57
CP3	36,46
Média	33,65
Desvio padrão	2,463

Tabela 3: Módulo de elasticidade.

3.2 Ensaio de cisalhamento nas vigas

A partir dos ensaios das vigas, os resultados referentes às cargas aplicadas, no momento da ruptura, foram compilados e apresentada na Tabela 4. Comparando os valores médios das cargas dos dois subgrupos de vigas com seção transversal de 12x30 cm, observa-se um incremento carga em torno de 15,18% no grupo onde foram adicionadas armaduras de pele, e no subgrupo de vigas com seção transversal de 12x50 cm, o incremento de carga foi menor, atingindo o valor em torno de 12,56%.

	VIGA	CARGA (kN)	
SEM PELE	V31	141,73	
	V32	111,61	
	V33	116,80	
	V34	125,36	
	Média	123,88	(1,0000)
COM PELE	VP31	139,60	
	VP32	151,66	
	VP33	139,85	
	VP34	139,60	
	Média	142,68	(1,1581)
SEM PELE	V51	181,96	
	V52	180,11	
	V53	180,18	
	V54	200,38	
	Média	185,66	(1,0000)
COM PELE	VP51	207,63	
	VP52	192,39	

	VP53	211,10	
	VP54	224,79	
12x50cm	Média	208,98	(1,1256)

Tabela 4: Resultados das cargas de ruptura obtidas nos ensaios de cisalhamento.

A Figura 4 mostra o gráfico ilustrando a média dos resultados obtidos através dos ensaios, para os grupos de vigas com seção transversal, com e sem armadura de pele.

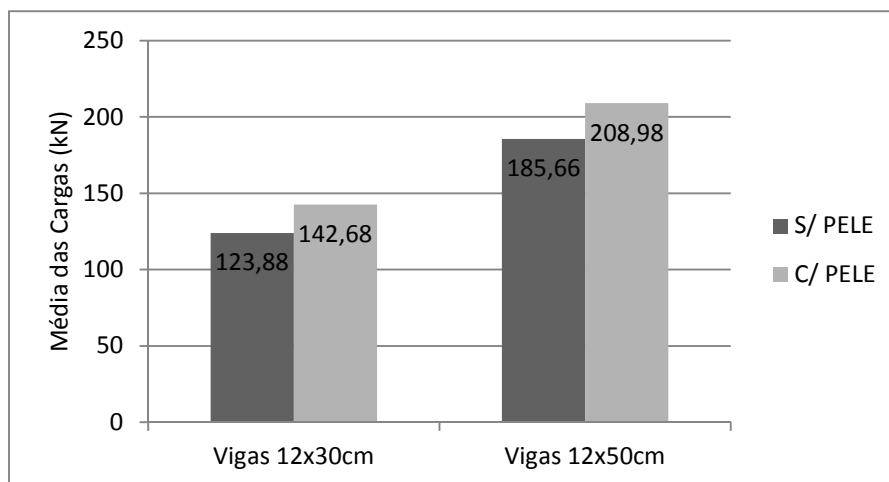


Figura 4: Gráfico média de cargas aplicadas.

4 Conclusão

Com o objetivo de avaliar a significância dos valores obtidos nos ensaios, foi realizada uma análise estatística dos resultados, utilizando a ANOVA para cada situação. Podemos observar que, para o número de amostras ensaiadas e para as limitações dessa pesquisa, os acréscimos de capacidade de carga na ruptura ao cisalhamento, de 15,81% para as seções de 12x30 e 12,56% para a seção de 12x50 são significativas do ponto de vista estatístico com 95% de confiabilidade, apresentando o valor de $p=0,041$ e $p=0,030$ respectivamente.

Como sugestão para trabalhos futuros a pesquisa pode ser replicada para outras seções transversais.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto**. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **NBR 5738: Concreto - procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova**. Rio de Janeiro, 2015.



_____. **NBR 5739: Concreto - ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.** Rio de Janeiro, 2018.

ADORNO, Ana Lucia Carrijo – **Contribuição de armadura de pele na resistência ao cisalhamento na flexão em viga de concreto armado.** Brasília, 1996.

BEZ BIROLO, Flavia Pasquali - **Análise experimental de vigas de concreto armado submetidas ao mesmo esforço de cisalhamento, dimensionadas pelos dois modelos diferentes propostos pela NBR 6118:2014.** Criciúma, 2014.

LEONHARDT, Fritz; MONNIG, Eduard. **Construções de concreto.** Editora Interciência, 1982 V1.

FUSCO, Péricles Brasiliense – **Estruturas de Concreto.** Editora Afiliada, 1981.

DE ARAUJO, Jose Milton – **Curso de Concreto Armado.** Editora DUNAS, 2014 V2.

Fonte financiadora: PIBIC/CNPq e Construtora Locks.

3889882 IDENTIFICAÇÃO BINÁRIA E DE MÚLTIPLAS CLASSES PELO COMITÊ DE CLASSIFICADORES ADABOOST

Ramon Porto de Souza¹, Stefany Mendes do Nascimento¹, Ana Claudia Garcia Barbosa¹, Kristian Madeira¹, Merisandra Côrtes de Mattos Garcia¹

¹Universidade do Extremo Sul Catarinense (Grupo de Pesquisa em Inteligência Computacional Aplicada/
Curso de Ciência da Computação)

O *data mining*, uma das etapas da descoberta de conhecimento em bases de dados, consiste na extração de padrões em uma base de dados. A partir do que se deseja realizar no *data mining*, podem ser utilizadas inúmeras tarefas, dentre as quais destacam-se a classificação que consiste na atribuição de um novo objeto a uma classe pré-definida. Quanto mais registros forem classificados corretamente, mais preciso tende a ser o modelo, buscando-se por algoritmos classificatórios que sejam mais precisos e que minimizem os erros, de forma a reduzir o tempo de aprendizado. Surgindo como uma forma de minimizar estes erros de classificação e conseqüentemente melhorar os resultados da classificação, os métodos de grupo, também denominados de combinação de classificadores, metaclassificadores ou comitês classificadores, partem do princípio de que com a união dos resultados de vários classificadores, chamados classificadores base, chega-se a um resultado mais preciso. Assim, os metaclassificadores são métodos que usam a previsão de múltiplos classificadores para melhorar a precisão da classificação. Esta pesquisa busca disponibilizar um metaclassificador por meio do algoritmo de *boosting*, Adaboost, para a tarefa de classificação e verificar se ele traz resultados satisfatórios na tarefa de classificação desta ferramenta.

Palavras-chave: *Data Mining*, Classificação, Comitês Classificadores, Adaboost.

1 Introdução

Novos métodos e abordagens são necessários, uma vez que as técnicas tradicionais são inviáveis no processamento do volume crescente de dados que são armazenados. O *data mining*, uma das etapas da descoberta de conhecimento em bases de dados (do inglês, *Knowledge Discovery in Databases*, KDD), surge como solução ao unir algoritmos avançados a estas técnicas tradicionais e extrair padrões de bases de dados.

A partir do que se busca extrair nas bases de dados diversas tarefas do *data mining* podem ser aplicadas, como a análise de associação, o agrupamento, a detecção de anomalias e a classificação. A tarefa de classificação resume-se na atribuição de uma classe a um objeto ou instância. Quanto mais instâncias forem classificadas corretamente, melhor é o classificador gerado. Contudo, não é possível gerar um classificador eficiente em todas as situações (DZEROSKI; ZENKO, 2004, tradução nossa). A estratégia de metaclassificação parte do princípio de que não é necessário desenvolver um algoritmo classificador para se melhorar o resultado da classificação, e sim, unir vários classificadores já existentes, denominados classificadores-base, para se alcançar este objetivo (HAN; KAMBER; PEI, 2012, tradução nossa).



A metaclassificação possui duas abordagens no treinamento dos seus classificadores-base: *bagging*, que faz o treinamento dos classificadores de forma paralela e *boosting*, que faz o treinamento de forma sequencial. Sendo *boosting* conhecido e estudado para se desenvolver algoritmos de alta performance (FERREIRA; FIGUEIREDO, 2012, tradução nossa).

A principal característica dos algoritmos de *boosting* é a de gerar um classificador com alta capacidade de predição a partir de classificadores-base pouco melhores que a decisão aleatória (POLIKAR, 2012, tradução nossa). O algoritmo metaclassificador e de *boosting* com maior destaque é o Adaboost, que foi nomeado na *International Conference on Data Mining*, ICDM, conferência internacional do Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos (IEEE), em 2008, um dos dez algoritmos mais populares em *data mining* (ZHOU; YU, 2009, tradução nossa).

Algoritmos como o Adaboost normalmente são implementados em ferramentas de *data mining*. Estas geralmente são proprietárias de alto custo, entretanto, há algumas iniciativas de ferramentas de *data mining* gratuitas e multiplataformas, desenvolvida em âmbito universitário.

Neste artigo é apresentada a implementação do algoritmo Adaboost no módulo de classificação da Shell Orion Data Mining Engine.

2 ADABOOST

O algoritmo Adaboost é um algoritmo metaclassificador de *boosting* adaptável, daí surge o acrônimo Adaboost: *Adaptive Boosting*. Sua capacidade de adaptação provem da atribuição de pesos às instâncias mais difíceis de ser classificadas (FREUND; SCHAPIRE, 1995, tradução nossa).

Estes pesos são atribuídos durante as rodadas de treinamento do Adaboost, que é feito da seguinte maneira: Em uma distribuição de dados, cada instância rotulada d , representada por $(x_i, y_1), (x_i, y_2), \dots, (x_d, y_d)$, possui uma instância x_i que é rotulada por uma classe y_i e todas as instâncias possuem valor inicial de $1/n$. Durante as t rodadas necessárias para gerar K classificadores, as instâncias têm seus pesos atualizados de acordo com o resultado das suas classificações: se classificada corretamente seu peso é aumentado e se não é classificada corretamente seu peso é diminuído. Este peso serve para medir o quão uma instância é difícil de classificar, na geração das instâncias do algoritmo seguinte e também no cálculo do peso do algoritmo, uma vez que alguns algoritmos são mais eficientes do que outros na classificação de certas instâncias. Ao fim do treinamento é feita a combinação que gerará o classificador final a partir voto majoritário considerando os pesos dos classificadores-base treinados (HAN; KAMBER; PEI, 2012 tradução nossa).

3 METODOLOGIA

Para alcançar os resultados almejados levou-se em conta a seguinte metodologia: levantamento bibliográfico; modelagem matemática do algoritmo de classificação Adaboost; modelagem do módulo utilizando Unified Modeling Language (UML); implementação do algoritmo; implementação de medidas de qualidade em *data mining* para a classificação de dados; realização de teste e correção dos possíveis erros; aplicação da

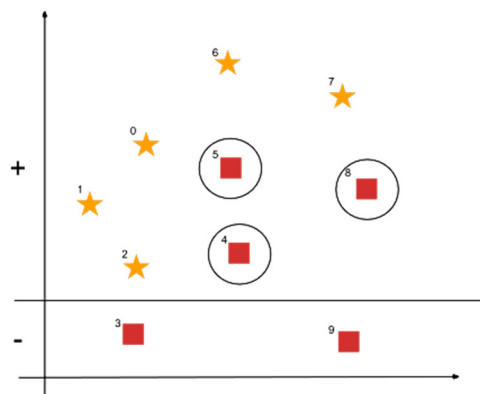
base de dados binária Chronic Kidney Disease e da base de dados com múltiplas classes Seeds; análise dos resultados obtidos.

A implementação do algoritmo Adaboost como módulo na Shell Orion iniciou-se primeiramente com o desenvolvimento dos diagramas de caso de uso, de sequência e de atividades. Em seguida, foi feita a modelagem matemática do algoritmo a fim de esclarecer as etapas de seu funcionamento.

Para a modelagem matemática foi considerado um conjunto de treinamento hipotético com 10 instâncias representadas na figura 1, extraído de uma base de dados binária, com as instâncias positivas simbolizadas por estrelas e as instâncias negativas simbolizadas por quadrados. A primeira etapa executada no Adaboost é a inicialização dos pesos, em que todas as instâncias receberão os mesmos pesos de um dividido pelo número de instâncias, neste caso 1 dividido por 10.

Em seguida, utilizando-se de um algoritmo-base que faça a predição das classes de forma linear e que o classificador obtido deste algoritmo acerte 7 das 10 instâncias, têm-se a linha divisória da figura 1 que separa na parte superior as instâncias classificadas como positivas e na parte inferior as classificadas como negativas.

Figura 1. Primeira rodada de treinamento do Adaboost



Os quadrados circulados evidenciam as três instâncias negativas erroneamente classificadas como positivas. A partir disso, o erro de treinamento ϵ_1 pode ser calculado pela soma dos pesos das instâncias que foram classificadas incorretamente, sendo ele, neste caso, a soma dos pesos destas instâncias.

$$\epsilon_1 = \sum_{i=0}^9 w_i^{1-1} \cdot I(M_1(x_i) \neq y_i) = \left(\frac{1}{10} + \frac{1}{10} + \frac{1}{10}\right) = 0,3000$$

O erro de treinamento foi diferente de 0 e menor que 0,5. Caso fosse igual a 0 significaria que o classificador foi perfeito, o que não ocorreu e, portanto, não seria necessário mais rodadas, e se fosse maior que 0,5 ultrapassaria o limite inferior à decisão aleatória, tornando-o inválido para ser usado como base do Adaboost. Dado ϵ_1 estar entre essas condições, pode-se fazer o cálculo do peso do classificador, que será armazenado para ser usado na geração do classificador final ao término das rodadas do Adaboost.

$$\alpha_1 = \ln\left(\frac{1-\epsilon_1}{\epsilon_1}\right) = \ln\left(\frac{1-0,3000}{0,3000}\right) \approx 0,8473$$

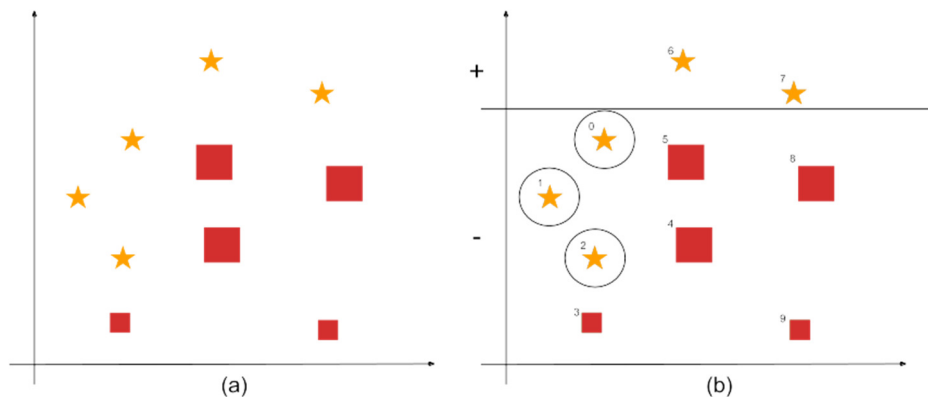
Em seguida, o valor do erro de treinamento é também utilizado para realizar a atualização dos pesos das instâncias, sendo aumentado os pesos das instâncias que foram classificadas incorretamente. Após as atualizações dos pesos das instâncias, faz-se a normalização dos pesos, que é feita pela divisão do peso de cada membro pela soma de todos os pesos dos membros do conjunto. A figura 2 apresenta os pesos anteriores, que foram os pesos atribuídos ao criar o vetor de probabilidades; os pesos após a atualização gerada pelas classificações incorretas; e os pesos depois da normalização.

Figura 2. Distribuição atualizada e normalizada na 1ª rodada

índice	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
pesos anteriores (w^0)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
pesos atualizados	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2333	0,2333	0,1	0,1	0,2333	0,1
pesos normalizados (w^1)	0,0714	0,0714	0,0714	0,0714	0,1667	0,1667	0,0714	0,0714	0,1667	0,0714

Ao término da normalização, segue-se para a segunda rodada, porém com um adendo: as instâncias classificadas incorretamente na rodada anterior têm maior relevância nesta rodada. Esta relevância dos pesos é aplicada pela adição do vetor de probabilidades normalizado junto com o conjunto de treinamento diretamente no código do algoritmo que gerará o classificador ou, em algoritmos que não aceitem os pesos, é feita pela reamostragem considerando os pesos.

Figura 3. Segunda rodada de treinamento do Adaboost



No gráfico (a) da figura 3 nota-se os quadrados referentes às instâncias classificadas de forma incorreta representados em tamanho maior para indicar sua relevância. No gráfico (b) tem-se a predição do segundo classificador influenciada pela predição do classificador anterior. Nota-se três círculos neste mesmo gráfico que demonstram o erro do classificador, sendo então, possível fazer o cálculo do erro de treinamento do segundo classificador-base.

$$\epsilon_2 = \sum_{i=0}^9 w_i^1 \cdot I(M_2(x_i) \neq y_i) = (0,0714 + 0,0714 + 0,0714) = 0,2142$$

Conseqüentemente, faz-se o cálculo do peso do classificador.

$$\alpha_2 = \ln\left(\frac{1 - \epsilon_2}{\epsilon_2}\right) = \ln\left(\frac{1 - 0,2142}{0,2142}\right) \approx 1,2998$$

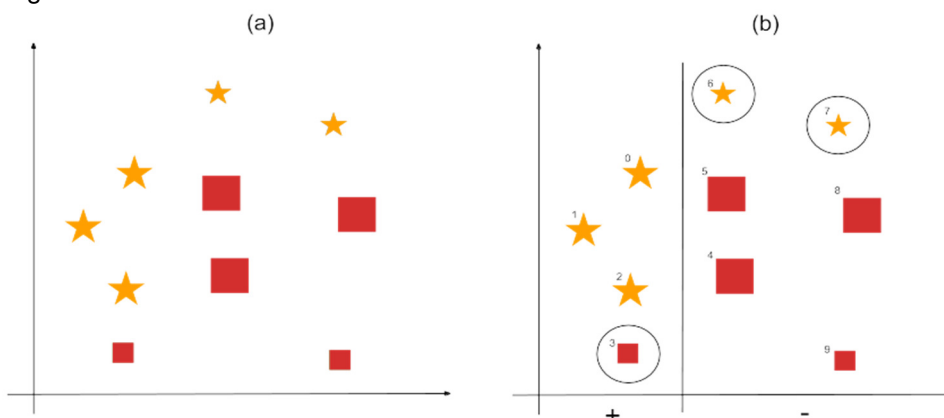
Em seguida, atualiza-se o peso das instâncias classificadas incorretamente e a normalização dos pesos, demonstrada na figura 4.

Figura 4. Distribuição atualizada e normalizada na 2ª rodada

índice	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
pesos anteriores (w^1)	0,0714	0,0714	0,0714	0,0714	0,1667	0,1667	0,0714	0,0714	0,1667	0,0714
pesos atualizados	0,2619	0,2619	0,2619	0,0714	0,1667	0,1667	0,0714	0,0714	0,1667	0,0714
pesos normalizados (w^2)	0,1667	0,1667	0,1667	0,0454	0,1061	0,1061	0,0454	0,0454	0,1061	0,0454

Posteriormente, passa-se para a terceira rodada do Adaboost. Da mesma forma que ocorreu na rodada anterior, atribui-se maior importância às instâncias de maior peso, sendo que os pesos das duas rodadas anteriores influenciam nesta rodada.

Figura 5. Terceira rodada de treinamento do Adaboost



Na figura 5 tem-se o resultado da classificação nesta rodada. O classificador errou também três instâncias, portanto, seu erro de treinamento é:

$$\epsilon_3 = \sum_{i=0}^9 w_i^2 \cdot I(M_3(x_i) \neq y_i) = (0,0454 + 0,0454 + 0,0454) = 0,1362$$

Dado o erro de treinamento, o peso do classificador é obtido por:

$$\alpha_3 = \ln\left(\frac{1 - \epsilon_3}{\epsilon_3}\right) = \ln\left(\frac{1 - 0,1362}{0,1362}\right) \approx 1,8472$$

Depois do cálculo do peso do classificador, as instâncias são atualizadas. Finalizada a atualização, segue-se com a normalização dos pesos (figura 6).

Figura 6. Distribuição atualizada e normalizada na 3ª rodada

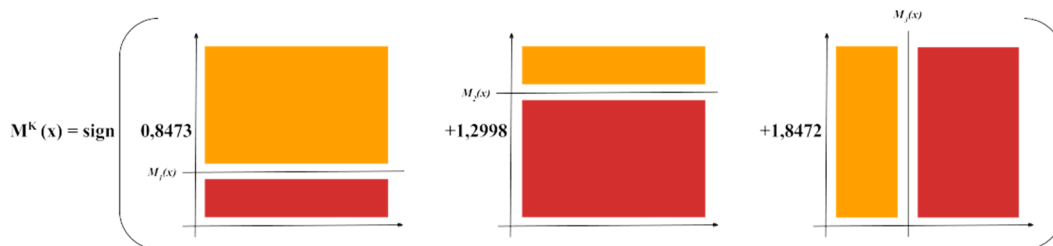
índice	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
pesos anteriores (w^2)	0,1667	0,1667	0,1667	0,0454	0,1061	0,1061	0,0454	0,0454	0,1061	0,0454
pesos atualizados	0,1667	0,1667	0,1667	0,2879	0,1061	0,1061	0,2879	0,2879	0,1061	0,0454
pesos normalizados (w^3)	0,0965	0,0965	0,0965	0,1667	0,0614	0,0614	0,1667	0,1667	0,0614	0,0263

É possível notar que este último classificador foi induzido a concentrar-se justamente nas instâncias em que os classificadores anteriores falharam, o que pode ser justificado pela maior importância dada a elas. Também é possível notar que sua predição se torna complementar às predições dos outros dois classificadores.

Com essa função complementar entre os classificadores gerados, a combinação feita no Adaboost pode prever corretamente todas as instâncias deste conjunto de

treinamento. A figura 7 representa esta combinação dos classificadores, tendo sido os pesos α_i de cada classificador $M_i(x)$ introduzidos ao lado de cada gráfico.

Figura 7 – Predição do conjunto dos classificadores



O resultado da classificação torna-se o sinal da classe (+ e -) considerando o peso de cada membro e sua resposta. Por exemplo, a instância de índice 8 foi classificada como positiva (+1) pelo primeiro classificador, então adiciona-se para esta classe o peso de 0,8473 deste classificador; o segundo classificador classificou-a como negativa (-1), atribuindo para a classe 1,2998; por fim, o terceiro classificador também classificou-a como negativa, acrescentando o peso de 1,8472, o que resulta na equação:

$$\begin{aligned} \text{sign}(M_1(x) * (+1) + M_2(x) * (-1) + M_3(x) * (-1)) \\ = 0,8473 - 1,2998 - 1,8472 \\ = \text{sign}(-2,2997) \\ = -1 \end{aligned}$$

O resultado da combinação foi o sinal obtido da classe -1, que é a classe correta por ser a classe real da instância.

Como foi mencionado ao início da modelagem, o caso supracitado foi aplicado em uma base de dados binária. Bases de dados com múltiplas classes já são consideradas no algoritmo que foi apresentado. Modificações ocorrem apenas na geração do classificador final, levando-se em conta, ao invés do sinal do voto da maioria, a classe com o maior voto, tornando-se necessário computar o voto da maioria para cada classe.

3.1 IMPLEMENTAÇÃO

Para a implementação do Adaboost foi utilizado o ambiente de desenvolvimento integrado Nebeans na versão 8.1, com a linguagem de programação Java utilizando-se do kit de desenvolvimento Java na versão 1.8.0_101. O Sistema Gerenciados de Bases de Dados no qual as bases de dados foram aplicadas foi o MySQL.

Antes da implementação do Adaboost fez-se a seleção e implementação do algoritmo-base. O algoritmo selecionado foi o 1-Rule, também denominado *Decision Stump*, de Holte (1993, tradução nossa), por ele ser comumente utilizado na literatura como base do Adaboost, tendo inclusive os autores originais do Adaboost feito experimentos utilizando o 1-Rule como algoritmo-base do mesmo (FREUND; SCHAPIRE, 1996, tradução nossa) e obras mais recentes, como Schapire e Freund (2012, tradução nossa) e Markoski et al (2015, tradução nossa) também referenciam o algoritmo como um possível algoritmo-base do Adaboost.



4 RESULTADOS

A primeira base de dados utilizada é formada 203 instâncias usadas para identificar pacientes que possuem doença renal crônica ou não. Na base pré-processada 79 possuíam doença renal crônica e 124 não possuíam.

A segunda base de dados, com múltiplas classes, conta com 210 instâncias e 8 atributos, incluindo com o atributo de classe e diferencia sementes de trigo em três variedades: *Canadian*, *Kama* e *Rosa*.

Os resultados obtidos compreendem a análise das medidas de qualidade empregadas no algoritmo e a análise do desempenho pela avaliação da acurácia do classificador gerado em uma base de dados binária e outra de múltiplas classes.

4.1 IDENTIFICAÇÃO BINÁRIA DAS CLASSES PELO ADABOOST

Para o primeiro teste realizado foram informados os parâmetros *holdout* em 66% e executado com o número de iterações em 10, a fim de avaliar a taxa de acertos do Adaboost na base de dados aplicada.

O número de iterações foi definido em 10, pois, não necessariamente um maior número de rodadas aumentará a capacidade de previsão do classificador, dado que, conforme Zhou (2012, tradução nossa) informar um número muito grande de rodadas tende a gerar *overfitting* no Adaboost e complexidade desnecessária e com um número muito pequeno não traria os benefícios obtidos pelo aprendizado sucessivo que ocorre nas rodadas.

Tabela 1. Resumo das medidas de qualidade para *ckd* e *notckd*

Métrica	<i>ckd</i>	<i>notckd</i>
<i>Proporção de Falso Positivos</i>	0,0435	0,0000
<i>Proporção de Falso Negativos</i>	0,0000	0,0435
<i>Sensibilidade</i>	1,0000	0,9787
<i>Especificidade</i>	0,9787	1,0000
<i>Precisão</i>	0,9565	1,0000
<i>F-Score</i>	0,9999	0,9787

A tabela 1 apresenta as medidas de qualidade individuais para cada classe, sendo *ckd* a classe que representa a presença de doença renal crônica e *notckd* a ausência de doença renal crônica.

Para *ckd*, a Proporção de Falso Positivos, avaliada em 0,0435, mostra um pequeno erro ao considerar a classe correta e a Proporção de Falso Negativos evidencia que classificador não considerou nenhum caso da classe *notckd* como *ckd*, sendo perfeito na identificação. A sensibilidade, que informa que a porcentagem de Verdadeiro Positivos que realmente são positivos, alcança o valor 1, que é o valor máximo possível. De forma semelhante, a especificidade informa um valor de 0,9787 para a porcentagem de Verdadeiro Negativos que realmente são negativos. O F-Score, que pode ser considerado

a média ponderada entre a sensibilidade e a especificidade (BOROVICKA et al, 2012, tradução nossa), obteve 0,9999 de 1 possíveis.

Para *notckd*, os valores de Proporção de Falso Positivos, em 0, e Proporção de Falso Negativos próximo a zero revelam uma proporção mínima de identificação incorreta das classes. A sensibilidade e o f-score aproximaram-se do valor máximo de 1, valor esse que foi obtido pela especificidade e a precisão, indicando uma boa capacidade de predição na classe.

Os resultados independentes da classe analisada foram resumidos na tabela 2.

Tabela 2. Medidas de qualidade para *Chronic Kidney Disease*

Métrica	Valor
Taxa de erro	1,4493%
Acurácia	98,5507%
Area Under Curve (AUC)	0,9894
Estatística Kappa	0,9851

Os resultados da tabela 2, denotam uma acurácia próxima de 100%, o que informa uma ótima capacidade de generalização para o conjunto de testes e consequentemente um erro mínimo. A *Area Under Curve*, que é a capacidade do classificador de evitar a falsa classificação foi calculada em 0,9894 e a estatística *Kappa*, obteve uma concordância entre o que foi predito e observado quase perfeita (0,9851). A partir destes resultados, somados aos resultados individuais, identifica-se a qualidade do classificador gerado para a base de dados binária.

4.2 IDENTIFICAÇÃO DE MÚLTIPLAS CLASSES PELO ADABOOST

Os testes aplicados a base de dados com múltiplas classes foram semelhantes aos aplicados na base de dados binária. O parâmetro *holdout* foi definido em 66% e o número de iterações foi informado em 10.

As medidas obtidas para cada classes foram disponibilizadas na tabela 3, a fim de demonstrar o desempenho de cada uma com relação as outras.

Tabela 3. Medidas por classe do Adaboost na segunda base de dados

Classe	Acurácia (%)	PFP	PFN	Sensibilidade	Especificidade	Precisão	F-Score
<i>Canadian</i>	91,4286%	0,1852	0,0233	0,9565	0,8936	0,8148	0,9563
<i>Kama</i>	90,1408%	0,0667	0,1071	0,7000	0,9804	0,9333	0,7008
<i>Rosa</i>	98,4615%	0,0345	0,0000	1,0000	0,9730	0,9655	1,0000

A acurácia de todas as três classes foram superiores a 90%, sendo a semente *Rosa* a mais bem avaliada nas medidas de qualidade.

As medidas gerais para o classificador obtido foram reunidas na tabela 4.



Tabela 4. Medidas gerais para a base de dados multiclasse

Métrica	Valor
<i>Taxa de erro Média</i>	6,6563%
<i>Acurácia Média</i>	93,3447%
<i>Sensibilidade M</i>	0,8855
<i>Sensibilidade μ</i>	0,9014
<i>Precisão M</i>	0,9046
<i>Precisão μ</i>	0,9014
<i>F-Score M</i>	0,8855
<i>F-Score μ</i>	0,9014
<i>Estatística Kappa</i>	0,8986

Tanto os valores micro (μ), que são as médias geradas dos valores obtidos por classe, quanto os valores macro (M), que são médias calculadas de valores gerais, foram satisfatórios na base de dados, sendo todos os valores superiores a 0,88 e considerando o maior valor alcançável o valor 1. As acurácias por classe de 91,4286% para *Canadian*, 90,1408% para *Kama* e 98,4615% para *Rosa*, além a acurácia média de 93,3447%, demonstram a eficiência do Adaboost na predição da base de dados para múltiplas classes.

Em suma, a aplicação do Adaboost na base de dados *Chronic Kidney Disease* revelou o correto funcionamento do algoritmo em bases de dados binárias, tendo sido eficaz na predição correta das classes, alcançando 98,5507% de acurácia. Quando aplicado na base de dados com múltiplas classes *Seeds*, o Adaboost revelou ser capaz de identificar as três classes e obteve 93,3447% de acurácia. Isto demonstra que o Adaboost é capaz de identificar as classes tanto em bases de dados binárias quanto em bases de dados multiclases.

5 CONCLUSÃO

Este artigo apresentou o algoritmo Adaboost que utiliza a abordagem de metaclassificação com o propósito de gerar um classificador com alta capacidade de predição. Este algoritmo foi implementado como um módulo na tarefa de classificação com a finalidade de ampliar as funcionalidades da ferramenta Shell Orion Data Mining Engine.

Ao analisar os resultados obtidos, pode-se considerar a aplicabilidade da versão implementada do Adaboost na tarefa de classificação, tanto para problemas binários quanto para problemas de múltiplas classes, dado este algoritmo ter produzido resultados satisfatórios nas medidas de qualidade aplicadas.

REFERÊNCIAS

BOROVICKA, Tomas et al. Selecting representative data sets. In: **Advances in Data Mining Knowledge Discovery and Applications**. Rijeka: InTech, 2012. p. 43-70.



DZEROSKI, Saso; BERNARD, Zenko. Is Combining Classifiers Better than Selecting the Best One? **Machine Learning**, Ljubljana, v. 54, n. 3, p. 255–273, abr. 2004. Disponível em: <http://kt.ijs.si/bernard/papers/04-dze_zen-mlj04.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2016.

FERREIRA, Artur J.; FIGUEIREDO, Mário A. T. Ensemble learning. In: **Ensemble machine learning**. New York: Springer, 2012. p. 1-34.

FREUND, Yoav; SCHAPIRE, Robert E. A decision-theoretic generalization of on-line learning and an application to boosting. In: **Computational learning theory**. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 1995. p. 23-37. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1006/jcss.1997.1504>>. Acesso em: 10 mai. 2016.

FREUND, Yoav; SCHAPIRE, Robert E. Experiments with a New Boosting Algorithm. In: **International Conference on Machine Learning**. 1996, Murray Hill: AT&T Laboratories, 1996. p.148–156. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.51.6252>>. Acesso em 3 out. 2016.

HAN, Jiawei; KAMBER, Micheline; PEI, Jian. Data mining: Concepts and techniques. 3.ed. Massachusetts: Morgan kaufmann, 2012.

HOLTE, Robert C. Very Simple Classification Rules Perform Well on Most Commonly Used Datasets. **Machine Learning** v. 11, n. 1, p. 63–91, 1993.

MARKOSKI, Branko et al. Application of AdaBoost algorithm in basketball player detection. **Acta Polytechnica Hungarica** v. 12, n. 1, p. 189–207, 2015.

POLIKAR, Robi. Ensemble learning. In: **Ensemble machine learning**. New York: Springer, 2012. p. 1-34.

SCHAPIRE, Robert E.; FREUND, Yoav. **Boosting: Foundations and algorithms**. London: MIT press, 2012.

ZHOU, Zhi-Hua; YU, Yang. Adaboost. In: **The Top Ten Algorithms in Data Mining**. Boca Raton: CRC Press, 2009. p. 127-147.

Fonte financiadora: UNESC.

1434373 AVALIAÇÃO DO COEFICIENTE DE DILATAÇÃO TÉRMICA LINEAR DO CONCRETO COM ADIÇÃO DE RESÍDUOS DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR E LÃ DE VIDRO

Talita Cristiane da Silva, Eduardo Junca, Agenor de Noni Junior

UNESC – Universidade Do Extremo Sul Catarinense

A construção civil vem sofrendo transformações que buscam inovação, matérias-primas alternativas e procedimentos que diminuam os impactos oriundos do descarte de resíduo no meio ambiente. Nesse contexto, esta pesquisa objetiva incorporar ao concreto, resíduos proveniente do bagaço da cana-de-açúcar e lã de vidro moída a efeito de avaliação do comportamento da mistura quando submetida à variação de temperaturas, comparando a dilatação térmica linear do mesmo. Inicialmente, os resíduos foram caracterizados para melhor composição do traço a ser executado. Após a caracterização, moldou-se corpos de prova, sendo, em seguida, os mesmos foram submetidos a ensaios de determinação do coeficiente de dilatação térmica linear conforme norma NBR 12815/2012. Por fim, foi possível analisar os teores de resíduo no concreto que melhoram os valores do coeficiente de dilatação térmica linear quando comparado com os resultados obtidos sem adição.

Palavras-chave: Resíduo, dilatação térmica, bagaço de cana, lã de vidro, temperatura.

1 Introdução

Devido a indústria da construção civil ser a que mais agride o meio ambiente devido a produção de resíduos, que muitas vezes são destinados de forma incorreta, faz-se necessário o estudo e debate constante sobre sustentabilidade, os quais buscam soluções para esta questão. Dentre os inúmeros projetos de pesquisa existentes pode-se destacar o estudo de cimentos especiais, com adição de materiais que buscam o melhor desempenho possível com relação a resistência, frente a fissuração.

Conforme FIGUEIREDO, 2016. Como conhecida, a retração, é uma importante propriedade do cimento que está relacionada com os esforços internos de tração e sua capacidade de resisti-los. A retração é também uma das causadoras de fissuras em estruturas, podendo ocasionar patologias graves que diminuem a vida útil dos elementos estruturais construídos em concreto. Em razão disso, tornou-se importante a busca por materiais que melhorem o desempenho do cimento na retração, como adições minerais, aditivos químicos e fibras.

A fissuração compromete a qualidade da obra, tendo em vista o risco de queda que a mesma fornece. Esta patologia pode surgir em função da baixa resistência de tração do concreto em relação à sua resistência à compressão, Segundo MACHADO, 2017. Neste contexto, justifica-se a inserção de armaduras, afim de aprimorar os esforços do concreto quanto a tração.

Diante do que foi mencionado, este projeto objetiva o estudo a utilização do bagaço de cana-de-açúcar e lã de vidro a fim de reaproveitar como uso de fibras de reforço em concreto, analisando de modo geral, o comportamento do material com o concreto, com



relação a dilatação térmica, linear, e esforços de tração e compressão, realizados em laboratório. Com base nos resultados podem ser realizados mais projetos do mesmo seguimento, podendo mudar os tipos de resíduos, as proporções ou o método de ensaio.

2 Referencial Teórico

A qualidade das estruturas tem sido afetada por falhas e casos de imperícia, que comprometem o desempenho de uso, a segurança e a durabilidade das estruturas de uma edificação (SOUZA; RIPPER, 2009, p. 13).

A fissuração é um tipo de patologia que pode comprometer o desempenho, a integridade e a durabilidade dos concretos. Esta patologia pode surgir em função da baixa resistência de tração do concreto em relação à sua resistência à compressão. Normalmente os valores de resistência à tração são de aproximadamente 8% a 15% de sua resistência à compressão. Por esta razão, são incorporados no concreto armaduras de aço a fim de aumentar os valores de resistência a tração (QUININO, 2015, p. 1). Porém, mesmo com o uso de armaduras de aço incorporadas no concreto, a NBR 6118 (2014, p. 79) cita que a fissuração no concreto por esforços de tração, é inevitável.

Outro mecanismo formador de fissuras relacionado com as propriedades do concreto são as variações térmicas. Essas variações geram alterações dimensionais (dilatação ou contração) no elemento estrutural de concreto como lajes, vigas, pilares e/ou escadas, resultando em deformações. Se os elementos estruturais estiverem impedidos de se movimentarem, estes irão sofrer tensões que podem provocar fissuras. O efeito da variação de temperatura depende da variação térmica do ambiente no qual o elemento está exposto e do seu coeficiente de dilatação térmica (MARCELLI, 2007, p. 98).

As fissuras representam problemas patológicos em edifícios, que podem comprometer o desempenho da estrutura (THOMAZ, 2014, p. 15). Além disso, geram prejuízos econômicos e ambientais, visto que as atividades de correção demandam o consumo de novos materiais, mão-de-obra e de equipamentos. Do ponto de vista ambiental, essas atividades contribuem para o aumento da extração de recursos naturais no processamento de materiais e tecnologia, além do aumento na geração de resíduos de construção e de demolição (RCD's). Estima-se que em 2015, os municípios brasileiros coletaram mais de 45 milhões de toneladas de resíduos de construção e de demolição (RCD's) (ABRELPE, 2015, p. 64).

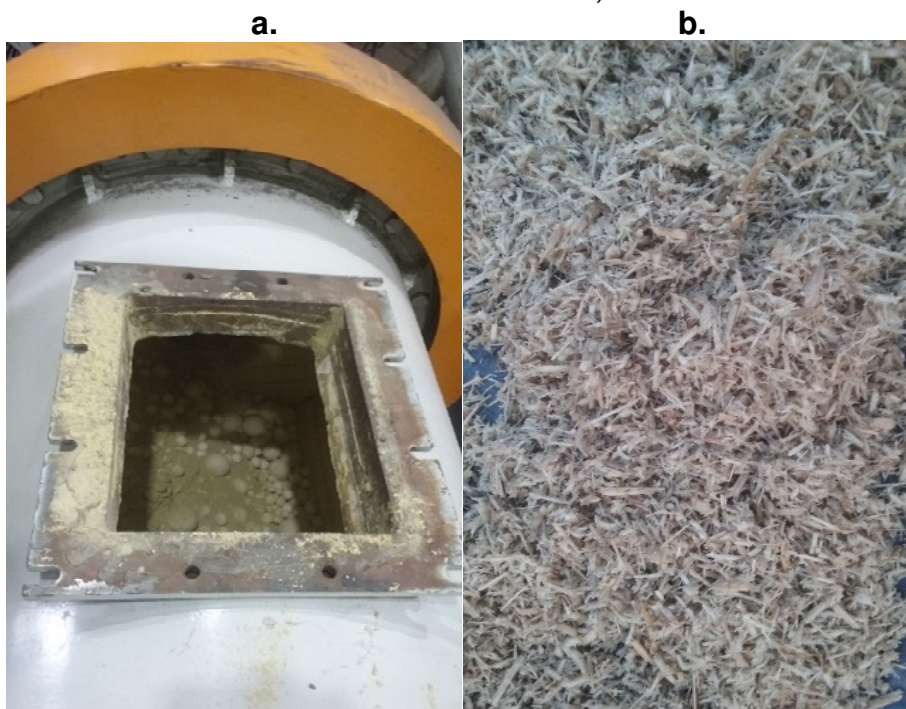
3 Metodologia

Referente a obtenção dos resíduos, de bagaço de cana-de-açúcar foram coletados em uma lanchonete no município de Urussanga – SC, que semanalmente gera cerca 200 kg do resíduo, originada devido a produção do caldo de cana. Foram coletados aproximadamente 14 kg de bagaço de cana-de-açúcar. Já os resíduos da lâ de vidro foram coletados de refrigeradores sucateados existentes de uma empresa que presta serviços de manutenção de refrigeradores localizada no município de Sangão (SC). Foram coletados aproximadamente 20 kg do material.

Foram desenvolvidas em 4 etapas. A primeira etapa se baseou na obtenção dos materiais, como agregado miúdo do tipo areia grossa e fina, agregado graúdo granítico nº

0, assim como a secagem dos mesmos, o resíduo do bagaço de cana a ser incorporado no concreto e a lã de vidro, como mostra na figura 1.

Figura 1- Moagem dos resíduos (a. Lã de vidro no moinho de bolas e b. Bagaço de cana moída em triturador)



Fonte: Do autor

Em seguida, foi realizada a caracterização dos componentes da mistura, através da análise granulométrica, teor de umidade e massa específica. A terceira etapa contou com a preparação das amostras para inserção no concreto, como a moagem do resíduo da cana, e da lã de vidro e mais caracterizações através de termogravimetria (TG), difração de raio-x e MEV. Também englobou o tratamento químico do bagaço de cana com o uso de hidróxido de sódio dissolvido em água, em temperatura média de 98 graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$) durante uma hora. Além disso foram definidas as dosagens, definição de traço, pesagem dos componentes, proporções de adição e moldagem dos 36 corpos-de-prova de volume prismáticos de 150x150x350mm (figura 2). O processo de cura foi realizado no formato de cura imersa (figura 3), sendo dos 36 corpos de prova, com 6 para cada tipo de proporção. A tabela 1 mostra a relação das composições dos concretos estudados e o número de corpos de prova.

Tipo de Concreto	Quantidade de corpos de prova
Concreto referência	6
Concreto com 3% de adição de bagaço de cana	6
Concreto com 10% de adição de lã de vidro	6
Concreto com 3% de adição de bagaço de cana e 10% de adição de lã de vidro	6
Concreto com 1,5% de adição de bagaço de cana e 5% de adição de lã de vidro realizado pela MANHÃ	6
Concreto com 1,5% de adição de bagaço de cana e 5% de adição de lã de vidro realizado pela TARDE	6

Tabela 1 - Tipos de amostras e proporção das adições

Tipo de concreto	Dosagens dos concretos					
	Cimento CP II Z-40 MPa (kg)	Brita nº 0 (kg)	Areia grossa (kg)	Areia fina (kg)	Fibras do bagaço da cana (kg)	Lã de vidro moída (kg)
C _{ref}	24,6	75,44	41,00	27,88	-	-
C _{bc3,0}	24,6	75,44	41,00	27,88	0,738	-
C _{lv10,0}	24,6	75,44	41,00	27,88	-	2,46
C _{bc3,0lv10,0}	24,6	75,44	41,00	27,88	0,738	2,46
C _{bc1,5lv5,0}	24,6	75,44	41,00	27,88	0,369	1,23
C _{bc1,5lv5,0}	24,6	75,44	41,00	27,88	0,369	1,23

Tabela 2 – Traços adotados.

Figura 2- Moldagem do corpo de prova



Fonte: Do autor

Figura 3- Cura imersa



Fonte: Do autor

Figura 4- Corpo de prova



Fonte: Do autor

A quarta etapa, o qual contou com a realização dos ensaios físicos, do material fresco (consistência do concreto) e endurecido (após a amostragem pronta, realização de ensaios mecânicos como a dilatação térmica linear). Os corpos-de-prova foram colocados na câmara quente à temperatura de 38 ± 2 °C, durante 24 horas. Após a retirada da câmara quente, efetuou-se as leituras dos extensômetros e, na sequência, posicionou-se os mesmos na câmara fria à uma temperatura de 4 ± 2 °C, por um período também de 24 horas. Retirados da câmara fria, deve-se efetuar a leitura dos extensômetros. Com os resultados das leituras efetuadas nos extensômetros e com as temperaturas registradas nas câmaras quente e fria pretende-se avaliar o comportamento dos corpos de prova, om

base nas determinações da NBR 12815 (2012, p. 1 a 3), porém com algumas adaptações em função da disponibilidade do laboratório.

4 Resultados

4.1 Caracterizações da Lã de Vidro

4.1.1 Análise química

Os resultados obtidos da análise química por fluorescência de raios-X realizada nas amostras de lã de vidro moída, mostram que 60,06% da quantidade da composição de Dióxido de Silício (SiO_2). A tabela 2 apresenta os compostos e suas respectivas quantidades identificadas na análise química.

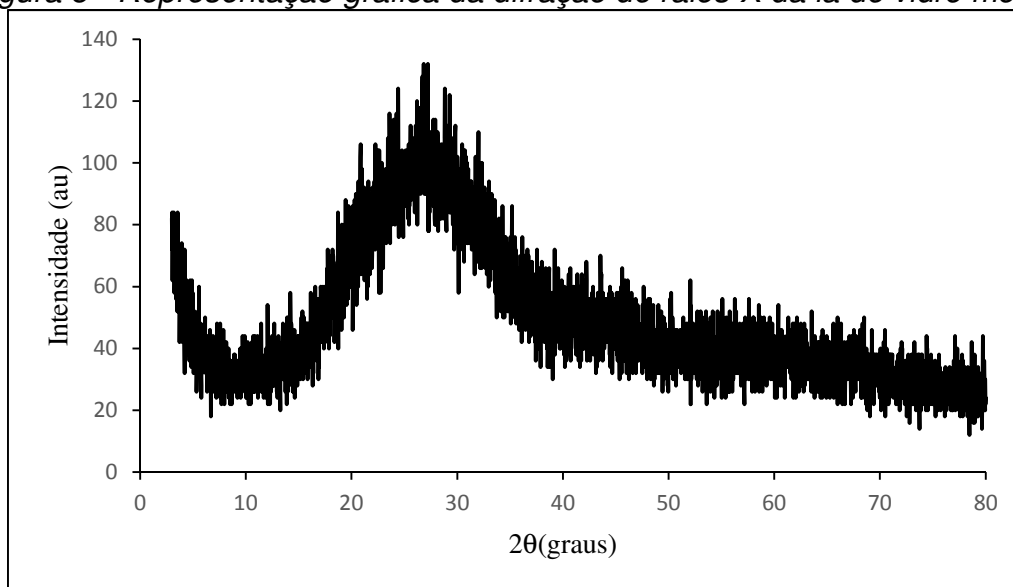
Compostos	Quantidade
SiO_2	60,06%
Al_2O_3	3,82%
Fe_2O_3	0,91%
CaO	6,55%
K_2O	1,58%
MgO	4,58%
Na_2O	15,65%
P_2O_5	0,11%
TiO_2	0,48%
P.F	6,04%

Tabela 3 – Análise Química da Lã de vidro utilizada nos experimentos.

4.1.2 Difração de raios X

O resultado obtido da difração de raios-X realizada com a amostra de lã de vidro moída mostra sua natureza amorfa. A figura 5 apresenta representação gráfica do ensaio de difração de raios-X da amostra da lã de vidro moída.

Figura 5 - Representação gráfica da difração de raios-X da lã de vidro moída.



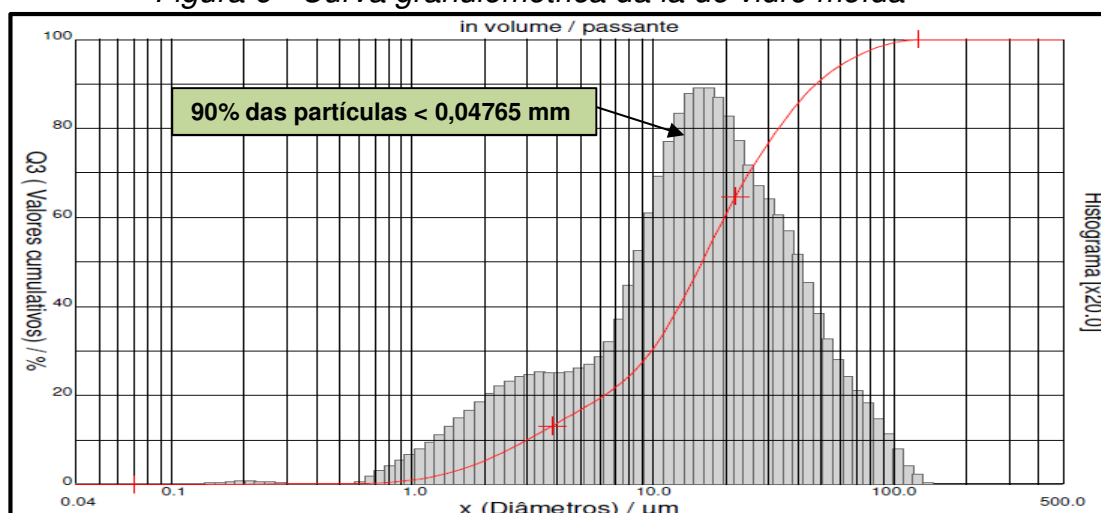
Fonte: Do autor 2018

Analisando a figura 5, percebe-se a inexistência de picos, indicando que a lã de vidro é um material amorfo.

4.1.3 Análise granulométrica

O ensaio de granulometria a laser realizado nas amostras de lã de vidro moída mostra que esse material possui 90% das partículas com diâmetro inferior a 47,65 μm , 50% inferior a 15,96 μm e 10% inferior a 2,98 μm . A figura 6 apresenta a curva granulométrica da lã de vidro moída.

Figura 6 - Curva granulométrica da lã de vidro moída

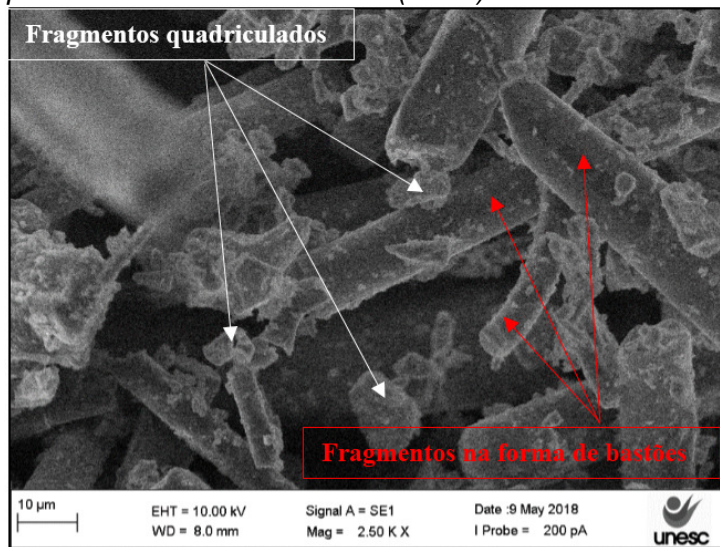


Fonte: Do autor 2018

4.1.4 Microscopia eletrônica de varredura (MEV) lã de vidro

O resultado obtido da microscopia eletrônica de varredura (MEV) realizada na amostra de lã de vidro moída é apresentado na figura 7. Na imagem percebe-se a variação no tamanho de partículas da lã de vidro moída, que vão desde fragmentos de formatos quadriculados próximos de 5 e 10 μm até fragmentos na forma de bastões superiores a 20 μm .

Figura 7 – Microscopia eletrônica de varredura (MEV) da lã de vidro moída.

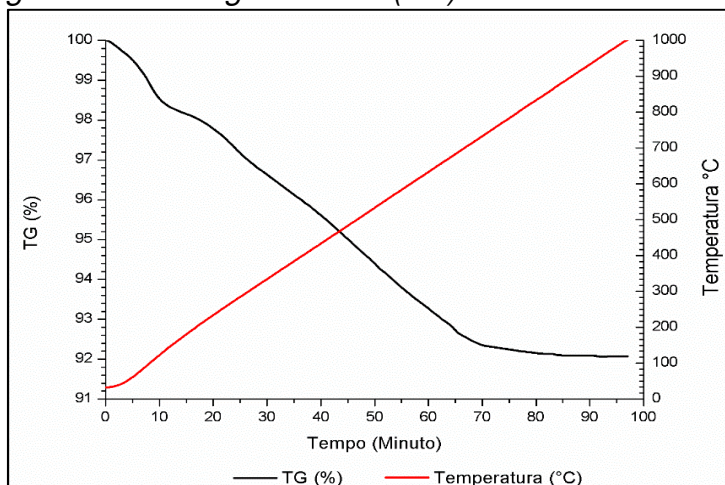


Fonte: Do autor 2018

4.1.5 Termogravimetria (TG) Lã de vidro moída

O resultado da termogravimetria (TG) com a amostra de lã de vidro moída apresenta a perda de massa do material conforme a variação de temperatura.

Figura 8 – Termogravimetria (TG) da lã de vidro moída.



Fonte: Do autor 2018

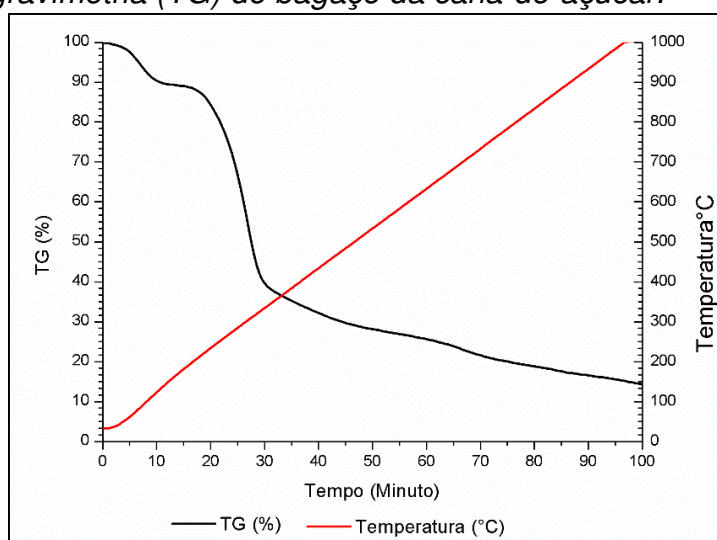
Com análise no gráfico apresentado, percebe-se que o material teve uma perda de aproximadamente 8,0% de sua massa.

4.2 Caracterizações da Cana de açúcar

4.2.1 Termogravimetria (TG) do Bagaço da cana-de-açúcar

O resultado da termogravimetria (TG) com a amostra do bagaço da cana-de-açúcar apresenta a perda de massa do material com a variação de temperatura. A figura 37 apresenta o resultado da análise termogravimétrica do bagaço da cana-de-açúcar.

. Figura 9 – Termogravimetria (TG) do bagaço da cana-de-açúcar.



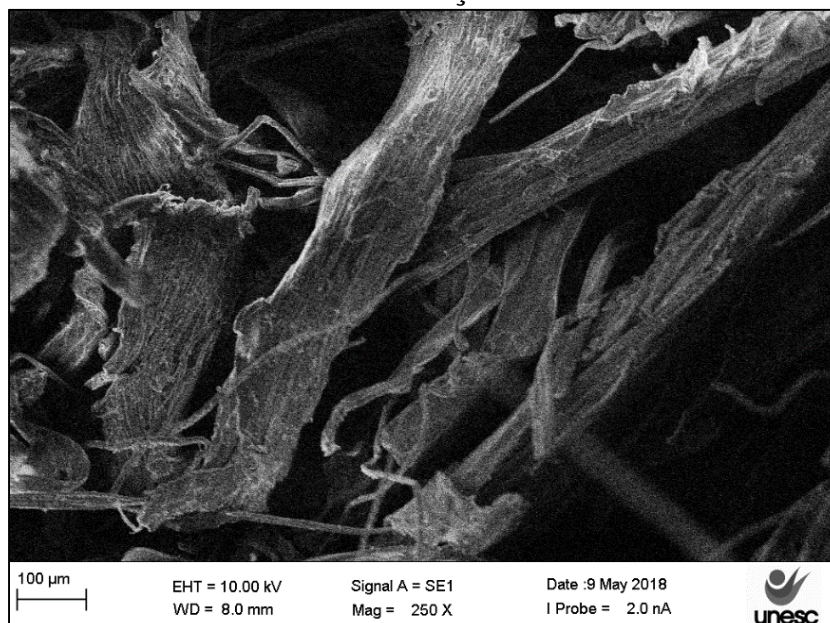
Fonte: Do autor 2018

Analisando a figura 9 percebe-se que a perda de massa do bagaço da cana-de-açúcar ocorreu em dois momentos. O primeiro foi até a temperatura de 150°C com uma perda de massa próxima a 10%. Essa perda de água pode-se justificar pela evaporação inicial da água existente no material. O segundo estágio ocorreu entre 160 a 350°C com uma perda de massa de aproximadamente 51,9%.

4.2.2 Microscopia eletrônica de varredura (MEV) das fibras do bagaço da cana-de-açúcar

O resultado obtido da microscopia eletrônica de varredura (MEV) realizada na amostra de fibras do bagaço da cana-de-açúcar é apresentada na figura 10.

Figura 11 – Microscopia eletrônica de varredura (MEV) da amostra de fibras do bagaço da cana-de-açúcar.



Fonte: Do autor 2018

Analisando a figura 10 percebe-se o formato do bagaço da cana-de-açúcar na forma de fibras superiores a 200 μm .

4.3 Análise granulométrica dos agregados

Os resultados obtidos dos ensaios de distribuição granulométrica realizados nos agregados (areia fina e areia média e brita), seguindo os procedimentos da NBR NM 248:2003, NBR NM 52:2009 e NBR NM 53:2009, os materiais tiveram suas características determinadas conforme as suas propriedades, sendo os resultados de suas análises granulométricas demonstrados na tabela 3.

Material	Dimensão Máxima (mm)	Módulo de Finura	Massa Específica (g/cm^3)
Agregado Graudo - brita nº 0	9,5	2,91	2,9
Agregado Miudo - areia média	4,8	3,45	2,58
Agregado Miudo - areia fina	0,6	1,88	2,64

Tabela 4 – Análise granulométrica dos agregados.

4.4 Ensaio de consistência (*Slump test*)

A tabela 4 apresenta os resultados de consistência dos concretos produzidos.

Tipo de concreto	Consistência (mm)
Cref	97
Clv10,0	96
Cbc3,0	10
Cbc3,0lv10,0	10
Cbc1,5lv5,0	30
Cbc1,5lv5,0	30

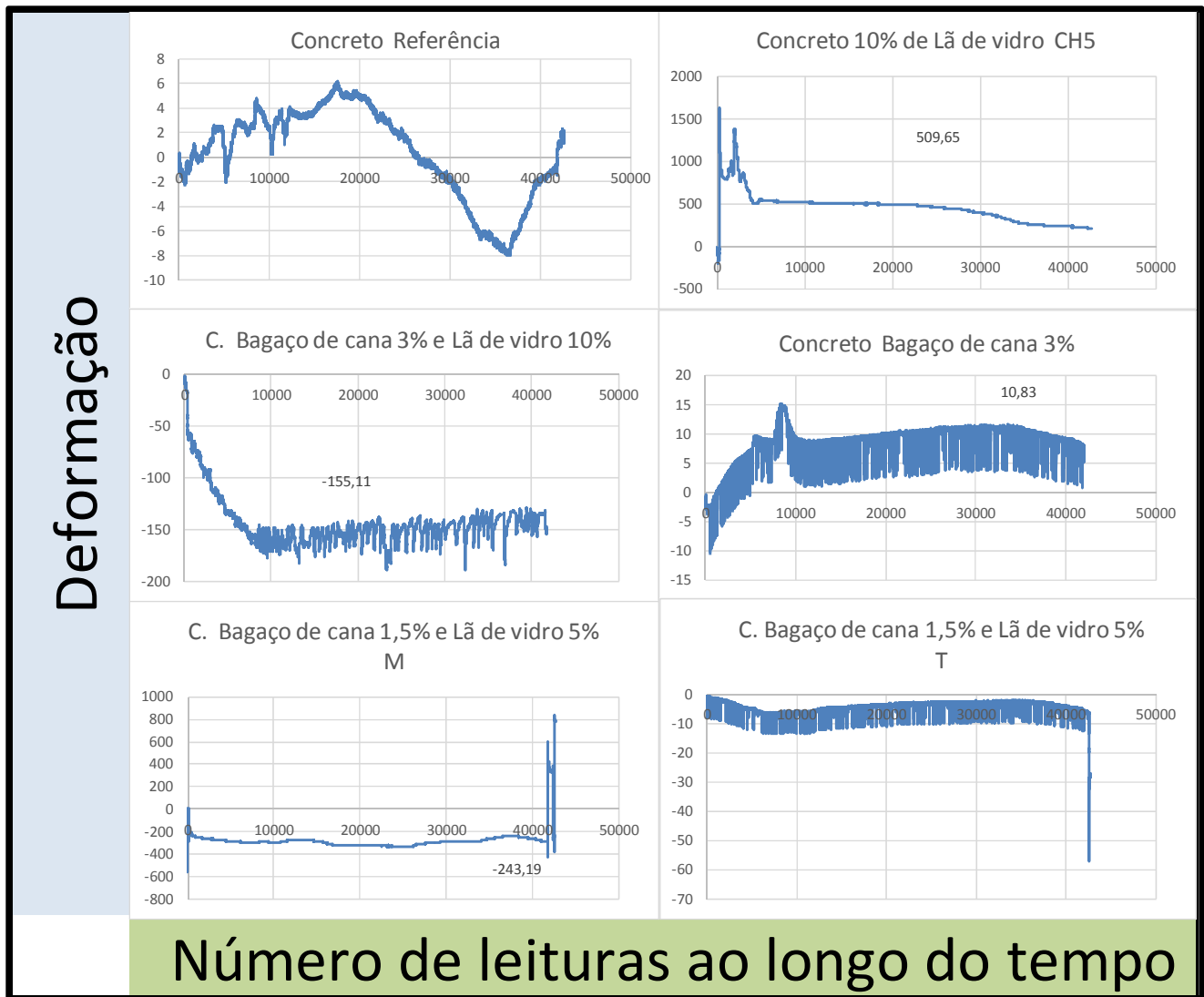
Tabela 5 - Resultados dos ensaios de consistência dos concretos (*slump test*).

4.5 Análise da dilatação térmica linear

Após os ensaios, foram montados gráficos que relacionam cada leitura realizada com a sua respectiva deformação, isso para cada um dos corpos de prova, sendo dessa maneira foram gerados 36 gráficos no total. Na figura 11, espõem-se apenas um de cada grupo, onde é possível perceber que os resultados e os dados abrangentes nos gráficos possuem muita diferença de comportamentos entre si, isso também ocorreu dentro e cada grupo, casos onde há picos muito altos e muito baixos e oscilações muito rápidas em pouco espaço de tempo, isso dentro do um mesmo experimento e proporção de mistura.

Com isso tivemos dificuldade quanto à interpretação desse comportamento, dificultando com isso tomar alguma conclusão sobre a prática, sendo que os comportamentos foram de muita variância. Entende-se que possa ter ocorrido alguma interferência, mecânica, operacional, ou até mesmo não tenha sido adotado o ensaio adequado para a tomada correta dos dados.

Figura 11 – Análise da dilatação térmica linear.



Fonte: Do autor

5 Conclusão

Com a realização dos ensaios e análises, pode-se concluir que, o resíduo de lã de vidro, em função da sua granulometria, favoreceu o concreto quanto a porosidade, pois houve mais preenchimento dos vazios contidos na mistura. Já a fibra de bagaço de cana de açúcar, comprometeu em partes a consistência e fluidez do concreto em seu estado fresco, o que dificulta seu manuseio e seu preenchimento de vazios, tornando um concreto mais poroso. Já referente aos ensaios de dilatação térmica linear do concreto, não tivemos uma interpretação convincente dos resultados, o que nos dificulta concluir a cerca de possíveis melhorias. Sugere-se usar outro método de ensaio, que talvez apresente melhor resultado e torne mais visível os possíveis comportamentos de melhoria.



REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014. 238 p.;
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12815**: Concreto endurecido – Determinação do coeficiente de dilatação térmica linear – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2012. 3 p.;
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12816**: Concreto endurecido – Determinação da capacidade de deformação de concreto submetido à tração na flexão – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2012. 5 p.;
- CALLISTER JUNIOR, William D.; RETHWISCH, David G.. **Ciência e engenharia dos materiais: uma introdução**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015;
- FIGUEIREDO, A. D.; CECCATO, M. R.; TORNERI, P. Influência do comprimento da fibra no desempenho do concreto reforçado com fibras de aço. 39º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 39, 1997, São Paulo. **Anais do 39º Congresso Brasileiro do concreto**. São Paulo: IBRACON, 1997, p. 347-356;
- MACHADO, Julio Preve; **Efeito da adição do bagaço da cana-de-açúcar e lã de vidro sobre as propriedades físicas e de dilatação térmica linear dos concretos**, (Dissertação de mestrado) – UNESC, Criciúma, 2018.
- MARCELLI, Mauricio. **Sinistros na Construção Civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras**. 1ª edição. São Paulo: Pini, 2007;
- NEVILLE, Adam M.. **PROPRIEDADES DO CONCRETO**. 5. ed. São Paulo: Pini, 2016. 888 p.;
- ONÉSIPPE, C.; et al.. Sugar cane bagasse fiber reinforced cement composites: Thermal considerations. **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, Colombia, v. 41, nº 4, p. 549-556, 6 jan. 2010;
- QUININO, Uziel Cavalcanti de Medeiros. **Investigação experimental das propriedades mecânicas de compósitos de concreto com adições híbridas de fibras**. 2015. 243 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015;
- SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1ª edição. São Paulo: Pini, 2009;
- THOMAZ, Ércio. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. 2ª edição. São Paulo: Pini, 2014;



Fonte financiadora: PIC 170 – 2017/2018