

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE PLASTIFICANTE A BASE DE SAIS SULFANATADOS E CARBOIDRATOS NA TRABALHABILIDADE DO CONCRETO CONTENDO BRITA CALCÁRIA BENEFICIADA PARA ELIMINAR O MATERIAL PULVERULENTO

D. D. Pereira¹; F. A. Silva júnior¹; L. B. T. Gonzaga¹

¹Universidade Federal Rural do Semi Árido, Av. Francisco Mota 572, Costa e Silva, Mossoró/RN, Brasil, CEP: 59625-090; 55 (84) 3317 8330 Ramal 1524

danielledantaspereira@outlook.com

RESUMO

O calcário da região do Rio Grande do Norte, no nordeste brasileiro, é amplamente utilizado na produção cimentícia, gerando grandes rejeitos, podendo esse material ter outro destino, como no concreto. Uma alternativa para viabilizar o uso do calcário é a remoção do material pulverulento e introdução de aditivo redutor de água. Objetivando encontrar um traço trabalhável com fator água/cimento dentro dos limites da NBR 6118/2014, produzido com britas calcárias beneficiadas por lavagem e/ou por peneiramento e aditivo à base de sais sulfanatos e carboidratos, partiu-se do traço referência (1,0:2,5:3,5), para então avaliar as resistências a compressão e a tração. Os resultados constataram que a brita beneficiada por peneiramento e lavagem apresentou um menor consumo de aditivo, atestando que a lavagem reduz o consumo de água para hidratação do compósito. O concreto apresentou baixa resistência mecânica devido ao alto teor de aditivo e conseqüentemente o retardamento do tempo de pega.

Palavras-chave: Brita calcária, Aditivo, Concreto, Trabalhabilidade.

INTRODUÇÃO

Segundo números do relatório de produção regional brasileira de 2015, elaborado pelo Sindicato Nacional da Indústria do Cimento⁽¹⁾, a região nordeste é a segunda região que mais consumiu cimento no ano, perdendo apenas para a região sudeste. Sabendo que o concreto é o grande consumidor deste material, e, que grande parte do volume do concreto é ocupado pelos agregados, há necessidade de

potencializar seu estudo para garantir um melhor produto final e a utilização adequada dos materiais, por estes não serem renováveis.

Enfatizando o agregado graúdo, sabe-se que por algum tempo este foi tido como um material inerte, mas estudos demonstraram que estes são capazes de influenciar o desempenho do concreto. Assim, quando esta influência passou a ser conhecida cuidou-se melhor da seleção dos agregados, podendo-se destacar a brita, em consideração ao ambiente de inserção da estrutura de concreto que estará sendo produzida⁽²⁾.

Uma seleção inadequada dos agregados graúdos pode ocasionar problemas técnicos e econômicos, de modo que há uma necessidade de compreender melhor o papel dos agregados na resistência mecânica, na durabilidade e na estabilidade dimensional do concreto, como também, na porosidade, composição granulométrica, absorção d'água, estabilidade, forma e textura superficial dos grãos, resistência mecânica, módulo de deformação e substâncias deletérias presentes⁽³⁾.

A origem das britas no Brasil é basicamente granítica e calcária, sendo a granítica mais utilizada, devido o pouco conhecimento da influencia da brita calcária no concreto. Voltando-se a região nordeste e especialmente ao Rio Grande do Norte, vê-se a grande disponibilidade de rochas calcárias que mesmo utilizadas nos compósitos cimentícios possuem a parcela tida como segundo plano até então sem uma destinação conhecida e investida⁽⁴⁾. O geólogo Otacílio Carvalho, da Secretaria Estadual de desenvolvimento econômico, afirmou que o Rio Grande do Norte tem a maior reserva de calcário de boa qualidade do país. Muitas fábricas de cimento procuram o Estado, especialmente a região em torno da Cidade de Mossoró e se instalam confeccionando Cimento Portland, assim a grande disponibilidade do calcário principalmente advindo da reserva de segundo plano das fabricas, formam uma reserva ociosa pouco estudada⁽⁵⁾.

Essa reserva de segundo plano pode adquirir dimensões características para brita do tipo 01, o que proporciona a sua utilização em traços de concreto. Silva Júnior⁽⁴⁾ concluiu que concretos com brita calcária absorvem 8,05 vezes mais água que com a brita granítica. Dentre o pouco conhecimento da brita calcária sabe-se não só de sua alta absorção de água, mas da quantidade de material pulverulento e a baixa resistência da brita calcária frente à granítica, assim faz-se necessário estudá-la e relacionar um traço trabalhável, por uso de plastificantes e beneficiamento do agregado, a fim de viabilizar o seu uso nos canteiros de obras.

A função do plastificante é melhorar a trabalhabilidade com a redução do fator água/cimento, assim a diminuição desse fator acarretará numa menor porosidade do concreto. Já o beneficiamento da brita antecedendo a produção do concreto visa reduzir a proporção de finos e material pulverulento.

Como justificativa a utilização da brita calcária para a definição de um traço trabalhável com aditivo, tem-se o uso da reserva ociosa das fábricas cimentícias, trazendo ao mercado uma nova alternativa para peças de concreto, principalmente pelo custo-benefício, pois há a diferenciação entre os preços de ambos agregados, devido à disponibilidade e as características da brita calcária frente à granítica.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

- Cimento - Portland de alto forno, tipo CP III – 40 RS.
- Agregado graúdo (britas do tipo 01, com dimensões máximas de 19,00 mm):
 - Brita granítica
 - Brita calcária beneficiada por peneiramento na abertura de 4,75 mm, processo pelo qual elimina parte do material pulverulento solto que compunha a amostra adquirida do material.
 - Brita calcária beneficiada por peneiramento e lavagem na abertura de 4,75 mm, a fim de reduzir ainda mais o material pulverulento e assim conseguir menores proporções de plastificante na elaboração dos traços. O processo de lavagem e peneiramento na 4,75 mm é executado com a passagem da amostra de brita na peneira sob a abundante quantidade de água até que a água passante obtenha uma cor menos turva.
- Agregado miúdo - areia natural, passada na peneira 4,75 mm.
- Água de amassamento garantindo as especificações da NBR 15900/2009⁽⁶⁾.
- Aditivo plastificante - aditivo plastificante com alto poder de redução de água para concreto, cuja ampla faixa de dosagem permite que seja trabalhado em diversos tipos de concreto. Este se comporta como plastificante de pega normal (PN) quando dosado entre 0,30 % a 0,55 % sobre o peso do aglomerante ou como superplastificante retardador tipo I (SP-I-R), conforme a NBR 11768/2011⁽⁷⁾, quando dosado de 0,60 % a 1,00 % sobre o peso do aglomerante.

Composto por sais sulfonados e carboidratos, sem adição de cloretos, de densidade igual a $1,21 \text{ Kg/L} \pm 0,02 \text{ Kg/L}$. Possui como vantagens a melhora do acabamento superficial do concreto, maior durabilidade do concreto, melhora na resistência mecânica final a compressão, entre outras. Mas, quando superdosado pode apresentar forte exudação, segregação e retardamento excessivo, podendo levar ao não endurecimento ou a perda de resistência do concreto, conforme especificação do manual técnico do fabricante.

Métodos

Inicialmente o estudo teve a aquisição do material beneficiado da brita calcária pós-secagem, como também, de todo os outros materiais a serem utilizados. Admitindo que o beneficiamento apenas com o peneiramento não reduzia tanto a quantidade de material pulverulento quanto no beneficiamento de lavagem e peneiramento, adotou-se que os traços para britas calcárias peneiradas (TCP) resultariam em maiores proporções de aditivo, e então tomou-se como o primeiro traço calcário a ser analisado, deixando o traço de brita calcária lavada e peneirada (TCLP) para análise posterior.

Partindo de um traço em massa, 1,0:2,5:3,5, estudado anteriormente por Silva Júnior⁽⁴⁾, e objetivando uma trabalhabilidade de $8 \text{ cm} \pm 1 \text{ cm}$, a fim de obter um concreto útil tanto para estruturas usuais quanto para estruturas de alta taxa de armadura dentro dos padrões normativos básicos. Adotou-se o fator água/cimento de 0,6 para todos os traços conforme o limite para a relação água/cimento na classe de agressividade II (zona urbana), especificado pela NBR 6118/2014⁽⁸⁾, por conhecer que as britas calcárias demandam fatores de água elevados.

Com o traço referência tendo em sua composição brita granítica (TG), definiu-se a quantidade de plastificante que o mesmo consumiria para chegar a trabalhabilidade desejável, ensaio conforme a NBR NM 67/1998⁽⁹⁾, e começou-se a procurar novos traços TCP partindo do pressuposto que 10 vezes a porcentagem indicada no traço granítico seria o limite máximo, haja visto que para Silva Júnior⁽⁴⁾ esse foi o percentual encontrado em traços com brita calcária, e, acima disso o excesso de plastificante seria inadmissível economicamente.

Ao determinar a porcentagem de aditivo e as novas proporções de agregados favoráveis para utilização da brita calcária peneirada na determinada trabalhabilidade, confeccionou-se 10 corpos-de-prova (cp's) em moldes cilíndricos

de 10 cm x 20 cm, de acordo com a NBR 5738/2015⁽¹⁰⁾. Feito o desmolde, passou-se a cura em ambiente interno até completar os 28 dias onde fez-se análises da resistência a compressão axial e diametral com 28 dias, NBR 5739/2007⁽¹¹⁾ e NBR 7222/2011⁽¹²⁾ respectivamente.

Com o novo traço, encontrado para britas peneiradas, procurou-se a porcentagem de aditivo para a brita calcária lavada e peneirada e para a granítica para o mesmo abatimento repetindo o processo de moldagem até a análise das resistências, no intuito de comparar as resistências adquiridas com os respectivos agregados graúdos e averiguar o custo-benefício entre os agregados e os processos de beneficiamento.

RESULTADOS E DISCURSÕES

Dosagem do concreto

Após o processo de confecções de traços para se chegar a novas proporções, em massa, de cimento, areia, brita, água, chegou-se ao traço 1,0:2,0:2,5:0,6, respectivamente. Variando a porcentagem de aditivo em 8,0%, 4,0% e 0,3%, para os traços TCP, TCLP e TG, na devida ordem.

A redução da proporção entre aglomerantes e agregados permitiu o uso do fator água/cimento conforme a NBR 6118/2014⁽⁸⁾ e um percentual de aditivo acima do máximo, 1%, e, abaixo de 10 vezes desse valor recomendável pelo fabricante. Essa redução resultou num traço rico com relação à quantidade de cimento e materiais e principalmente diante do traço referência. A Tabela 1., apresenta os traços conforme a redução dos agregados e a porcentagem de aditivo empregada correlacionando ao abatimento obtido no ensaio de determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.

Tabela 1. Abatimento dos traços.

Traço	% de aditivo	Abatimento (cm)	Tipo de traço
TG 1,0:2,5:3,5:0,6	1,0	8,00	Traço referência inicial
TCP 1,0:2,5:3,5:0,6	10,0	0,00	-
TCP 1,0:2,5:3,0:0,6	10,0	0,00	-
TCP 1,0:2,0:3,0:0,6	10,0	1,00	-
TCP 1,0:2,0:2,5:0,6	10,0	11,50	-
TCP 1,0:2,0:2,5:0,6	8,0	8,40	Traço ideal TCP
TCLP 1,0:2,0:2,5:0,6	8,0	30,00	Alto Adensável
TCLP 1,0:2,0:2,5:0,6	4,0	8,0	Traço ideal TCLP
TG 1,0:2,0:2,5:0,6	0,3	9,50	Traço ideal TG

Para os traços com abatimento zero, teve-se altas proporções de aditivo e agregado graúdo, como no caso do traço TCP 1,0:2,5:3,5:0,6:10,0%, debilitando o alcance do traço trabalhável visualmente, o que levou a não confecção dos corpos-de-prova para esses traços. Comparando o traço citado com o elaborado por Silva Júnior⁽⁴⁾ - 1,0:2,5:3,5:0,6:3,0%, com aditivos a base de lignosulfonatos, brita calcária, abatimento de 7,5 cm e resistência à compressão aos 28 dias de 21,98 MPa - percebe-se que a mudança de plastificante e do lote de brita adquiridos influem significativamente para a trabalhabilidade da pasta e posteriormente na resistência mecânica aos 28 dias.

Os traços pobres em que o abatimento foi nulo possuem uma alta segregação dos agregados graúdos, deixando-o com a aparência de farofa, o que não resultaria em resistividade. Já no caso do alto adensamento, vê-se a unidade entre os componentes e uma coloração um pouco mais amarelada, indicando a super concentração de aditivo e a exudação do mesmo.

Analisando a diferença entre as porcentagens nos traços ideais para o mesmo abatimento, temos que para o TG o aditivo é utilizado em seu modo plastificante, enquanto nos da brita calcária temos porcentagens acima do descrito para superplastificantes. O beneficiamento das britas pela adição da lavagem no peneiramento reduziu a porcentagem de aditivo à metade, devido à eliminação de boa parte do material pulverulento não só solto na amostra, mas também aderido à superfície do agregado.

Modelagem do concreto

Achado o abatimento de 11,50 cm para o TCP 1,0:2,0:2,5:0,6:10,0% modelou-se corpos-de-prova que ao submerso em água para cura, começou a reagir com a água da cura, devido ao retardo do tempo de pega pela alta concentração de aditivo e baixo calor de hidratação do cimento de alto-forno, após cinco dias submersos notou-se a liberação de resquícios do plastificante na água tendo sua superfície apresentado fissuras que comprometem a qualidade do concreto e aumentavam devido o passar do tempo na imersão, Figura 1.



Figura 1 - Cura TCP 1,0:2,0:2,5:0,6:10,0%.

Com a porcentagem de aditivo para o traço TCP, elaborou-se o mesmo traço para a brita calcária lavada e peneirada, TCLP, mas o excesso de aditivos neste, fez com que a sua imersão ocasionasse sua deformidade completada com uma semana submerso, onde ocorreu a desintegridade dos corpos-de-prova referentes a este traço, Figura 2.



Figura 2: Desintegração do traço TCLP 1,0:2,0:2,5:0,6:10,0%.

Ao confeccionar os corpos-de-prova do traço TCP 1:2:2,5:0,6:8,0%, percebeu-se que a cura submersa ainda causava deformidade na superfície do concreto, logo optou-se pela cura em ambiente interno cobertos com plástico, dos traços – 1,0:2,0:2,5:0,6 - TCP a 8%, TCLP a 4% e TG a 0,3%.

As deformidades superficiais nos corpos-de-prova foram causadas devido ao alto retardamento da pega do cimento junto as reações de hidratação em tempos distintos, para se ter uma idéia o desmolde só foi possível após 5 dias em fôrma pois antes os mesmo se desintegravam, totalizando 120h de aparência úmida nos moldes e mesmo após desmoldados esta umidade superficial perdurava por mais 120h, ou seja, sendo necessários 10 dias para o concreto ter aparência de seco. Comparado a Silva Júnior⁽⁴⁾, o aditivo a base de sulfonatos retardou excessivamente, pois em seu trabalho o desmolde pode ser executado as 48h.

Outra possível causa para a formação dessas fissuras esta na expansão do volume dos agregados graúdos e a rápida liberação da água no processo de hidratação, que faz a água percolar rapidamente deixando vazios na mistura, devido à baixa hidratação do cimento que não consome a água de amassamento deixando-a evaporar. Isso pode ser observado na exudação que ocorreu, minutos após a modelagem dos corpos-de-prova, quando para o traço TCLP 1,0:2,0:2,5:0,6:10,0%, Figura 3, constatou-se uma fina camada de água na superfície aparente.



Figura 3: Exudação traço TCLP 1,0:2,0:2,5:0,6:10,0%.

Resistência à compressão (compressão axial)

Dentre os traços com abatimento próximo ao desejável, avaliou-se a resistência à compressão axial aos 28 dias, apenas dos traços 1,0:2,0:2,5:0,6 TCP a 10,0 e 8,0%, TCLP a 4,0% e TG a 0,3%. Em virtude dos corpos-de-prova do traço TCLP 1,0:2,0:2,5:0,6:10% terem se deformados.

A resistência à compressão média para os traços demonstrou que o traço TG possui uma resistência moderada e os traços com brita calcária uma baixa resistência, mesmo o beneficiamento tendo melhorado na resistência entre a calcária lavada e peneira e a calcária peneirada. Isso pode ser explicado devido o excesso de plastificante reduzir muito a resistência à compressão, levando ao traço de maior porcentagem as menores resistências. Além disso, pode-se perceber que o método de cura auxiliou na perda de água de hidratação ocasionando baixas resistências.

Quanto à mudança de agregado graúdo vê-se uma diminuição resistiva em 67,57% do traço de brita calcária lavada e peneirada para o traço granítico,

Tabela 2., e infimamente mais para as britas só peneiradas, indicando que o beneficiamento resulta em melhoras nas características do compósito.

Tabela 2. Perda de resistência.

Traço pelo tipo de agregado	% de aditivo	Resistência média a compressão (MPa)	Perda de resistência (%)
TG	0,3	24,82	-
TCP	10,0	1,10	95,37
TCP	8,0	2,97	88,03
TCLP	4,0	8,05	67,57

Resistência à tração por compressão diametral

Entre os traços avaliados à compressão axial, pode-se definir a resistência a tração por compressão diametral, apenas dos traços 1,0:2,0:2,5:0,6 TCLP a 4,0% e TG a 0,3%. Pois o traço 1,0:2,0:2,5:0,6 TCP a 10,0% e 8,0% apresentou fissuras que não contribuíram para a leitura da força aplicada até o rompimento.

A resistência à tração média para os traços resultou nula para os traços de brita calcária peneirada, devido ao aparecimento das fissuras e a alta porcentagem de aditivo, sendo possível perceber que aos 28 dias o processo de hidratação ainda esta ocorrendo, pois ao analisar a superfície e a estrutura interna dos corpos-de-prova macroscopicamente, Figura 4, vê-se que a zona de transição entre a fase da pasta e do agregado está úmida e necessita de um maior tempo para se estabilizar e que o agregado ainda não esta envolto pela pasta com resistência.

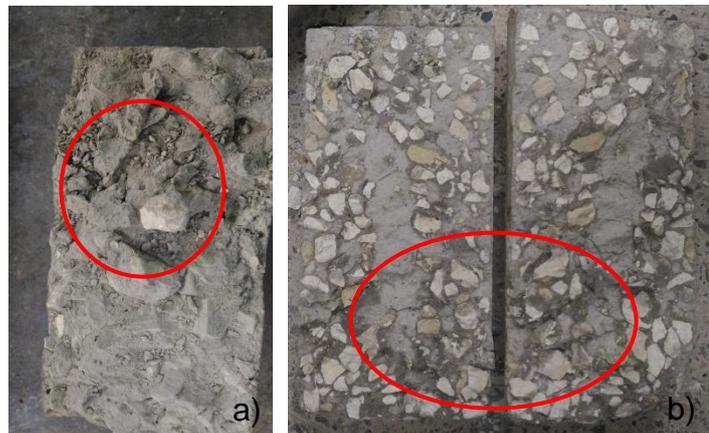


Figura 4: Análise da estrutura interna:
a) TCP a 10% e b) TCP a 8%

A resistência a tração diminui cerca de 52% com a alteração do agregado gráudo granítico para o calcário lavado e peneirado, sendo esta perda menor ainda que a perda a compressão entre ambos os traços, 88,03%, o que demonstra fortemente a não-linearidade entre as resistências, Tabela 3.

Tabela 3. Perda de resistência a tração.

Traço pelo tipo de agregado	% de aditivo	Resistência média a Tração (MPa)	Perda de resistência (%)
TG	0,3	2,03	-
TCP	10,0	0,00	100,00
TCP	8,0	0,00	100,00
TCLP	4,0	0,97	52,22

Olhando para porcentagem de aditivo, tem-se que quanto menor a porcentagem maior a resistência, Tabela 4, mesmo tendo adotado métodos de beneficiamento diferentes ou mesmo agregados diferentes, mostrando que o aditivo influencia muito nas resistências mecânicas do concreto.

Tabela4. Resumo das resistências mecânicas.

Traço	Resistência a compressão (MPa)	Resistência a tração (MPa)
TCP 10,0 %	1,10	0,00
TCP a 8,0 %	2,97	0,00
TCLP a 4%	8,05	0,97
TG a 0,3%	24,82	2,03

A alta concentração de plastificante e a baixa resistência nos traços de brita beneficiadas apenas com o peneiramento pode ser explicada pela falta de aderência na zona de transição do concreto, que indica o não englobamento do agregado. Esse fato pode ser observado no capeamento dos corpos-de-prova TCP a 10% em que o agregado estava fragmentando-se, Figura 5.



Figura 5: Comparação entre as superfícies capeadas do TCP 10,0% e TCLP 4,0%.

CONCLUSÕES

Com a análise dos resultados e a comparação entre os traços com materiais diferentes, conclui-se que a adição do plastificante a base de sulfonatos na busca de um traço com brita calcária, resultou e em concretos com resistências abaixo de 20

MPa devido as propriedades que estas possuem aliado a alta concentração de plastificante que retarda o tempo de pega. Assim, essa concentração acima do recomendado pelo fabricante acaba por retardar a pega de horas para dias, ocasionando baixas ligações entre as fases do concreto, tornando-o inviável para obras devido ao grande tempo de desforma e cura para adquirir resistência, além da sua provável baixa durabilidade.

Ao comparar os traços de mesma proporção de materiais secos mas com diferentes porcentagens de aditivos a base de sais sulfonatos e carboidratos, e, aditivos lignosulfonatos, percebeu-se que essa última base torna-se mais viável para traços fracos com britas calcárias e mesmo obtendo um traço rico em cimento, os traços com aditivos de sais sulfonatos e carboidratos obtiveram resistências baixas, o que comprova a influência das propriedades do agregado e do aditivo na mistura.

Quanto ao processo de beneficiamento que adicionou lavagem ao peneiramento, vê-se que a porcentagem do plastificante reduz a metade, mas levando em consideração o custo ainda torna-se inviável devido o gasto com água para beneficiar, o alto custo do plastificante e a baixa resistência continuarem tornar o concreto com brita granítica o mais indicado.

REFERÊNCIAS

- (1) Sindicato Nacional da Indústria do Cimento –SNIC. **Relatório de produção regional de 2015**. Disponível em:< <http://www.snic.org.br/numeros/numeros.asp?path=ProducaoRegional2015.gif>>Acesso em: 12/02/2016
- (2) NETO, C.S. **Agregados para concreto, Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações**. IBRACON: São Paulo, 2005.
- (3) MEHTA, P. K.; e MONTEIRO, P.J.M. **Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais**. IBRACON: São Paulo, 2008.
- (4) SILVA JÚNIOR, Francisco Alves da. **Avaliação do efeito da adição do resíduo de borracha de pneu e brita calcária na formação de compostos cimentícios**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Ciências Exatas e da Terra. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia dos Materiais. Natal, 2014.
- (5) IBRAM *apud*. SILVA JUNIOR, 2014⁽⁴⁾.
- (6) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15900: Água de Amassamento do Concreto**. Rio de Janeiro, 2009.
- (7) _____. **ABNT NBR 11768: Aditivos para Concreto de Cimento Portland**. Rio de Janeiro, 2011.

- (8) _____. **ABNT NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
- (9) _____. **NBR NM 67** – Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998. 8p
- (10) _____. **ABNT NBR 5738**: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2015.
- (11) _____. **ABNT NBR 5739**: Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.
- (12) _____. **ABNT NBR 7222**: Argamassa e concreto – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2011.

**EVALUATION OF THE INFLUENCE OF PLASTICIZER THE BASE OF
SULFANATADOS SALTS AND CARBOHYDRATES IN THE WORKABILITY OF
THE CONCRETE CONTAINING LIMESTONE GRAVEL BENEFIT TO ELIMINATE
THE MATERIAL POWDER**

ABSTRACT

The limestone of the region of the Rio Grande do Norte, in northeastern Brazil, widely is used in cement production, generating large waste, this material may have another destination, as in the concrete. A viable alternative to the use of the limestone is remove the powdery material and introducing water reducing additive. Aiming to find a workable trace with factor water/cement within the limits of the NBR 6118/2014, produced with limestone gravel benefited by washing and/or sieving and additive-based sulfanatos salts and carbohydrates, started by the reference of the trace (1,0:2,5:3,5) for then evaluate the resistance to compression and traction. The results verified that the limestone gravel benefit by sieving and washing showed a lesser additive consumption, certifying that the washing reduces the consumption of water for hydration of the composite. The concrete had low mechanical resistance due to the high additive content and the retardation of the magpie time.

Keywords: Limestone gravel, additive, concrete, workability.