



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS VIII
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E SAÚDE
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

THIAGO DE SÁ SENA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS AGREGADOS NAS OBRAS DO MUNICÍPIO
DE ARARUNA - PB NA PRODUÇÃO DE CONCRETO**

**ARARUNA
2018**

THIAGO DE SÁ SENA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS AGREGADOS NAS OBRAS DO MUNICÍPIO
DE ARARUNA - PB NA PRODUÇÃO DE CONCRETO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a coordenação do curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Engenheiro Civil.

Área de concentração: Materiais de construção.

Orientadora: Profa. Ma. Maria das Vitórias do Nascimento.

**ARARUNA
2018**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S474a Sena, Thiago de Sa.
Avaliação da qualidade dos agregados nas obras do município de Araruna-PB na produção de concreto [manuscrito] / Thiago de Sa Sena. - 2018.
26 p.
Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências, Tecnologia e Saúde, 2018.
"Orientação : Profa. Ma. Maria Das Vitórias do Nascimento , Coordenação do Curso de Engenharia Civil - CCTS."
1. Concreto. 2. Agregado. 3. Engenharia Civil. I. Título
21. ed. CDD 620.136

THIAGO DE SÁ SENA

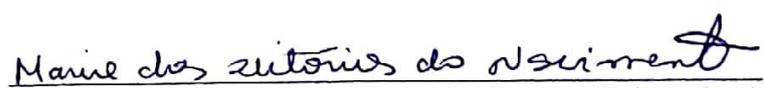
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS AGREGADOS NAS OBRAS DO MUNICÍPIO DE
ARARUNA - PB NA PRODUÇÃO DE CONCRETO

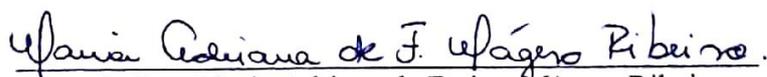
Artigo apresentado a coordenação do curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Engenheiro Civil.

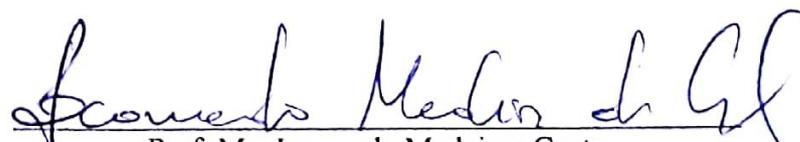
Área de concentração: Materiais de construção.

Aprovado em: 14/11/2018.

BANCA EXAMINADORA


Profª. Ma. Maria das Vitórias do Nascimento (Orientadora)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)


Profª. Dra. Maria Adriana de Freitas Mágero Ribeiro
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)


Prof. Me. Leonardo Medeiros Costa
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

A minha mãe, Maria de Sá, e ao meu pai, José
Moreira, por tornarem tudo isso possível, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Como dizia Yoko Ono: “Um sonho sonhado sozinho é um sonho. Um sonho sonhado junto é realidade”. Hoje, um sonho em conjunto se torna concreto, e eu não conseguiria chegar até aqui sozinho. Por isso agradeço a todos que passaram pelo meu caminho e que de alguma forma contribuíram para que esse sonho pudesse ser realidade.

A todos os professores da Universidade Estadual da Paraíba, campus VIII, que de forma direta ou indireta contribuíram com minha formação e realização profissional no curso de Engenharia Civil, por seus empenhos.

À professora Maria das Vitórias do Nascimento pelas leituras sugeridas ao longo dessa orientação e pela dedicação.

A minha mãe, Maria de Sá da Silva Sena, ao meu pai, José Moreira de Sena, aos meus irmãos Dartyvânia, Iarley Lucas, Dartycléia e meu sobrinho Pedro Manoel, pelo companheirismo, amizade e incentivo, por todo amor e carinho, que apesar da distância física, sempre se fizeram presentes em minha vida, pelos grandiosos e tão valiosos conselhos sempre que precisei, e por sempre acreditar em minha capacidade.

Aos meus amigos de classe Cinthia, Ingridy e Daniel, que se tornaram minha família fora de casa e meus companheiros de todas as horas, nos estudos, nas brincadeiras, na pobreza, nas brigas, nas festas e principalmente por compartilhar os problemas que a vida nos trazia. Encontrei em vocês verdadeiros irmãos. Obrigado pela paciência, pelos abraços, pelo ombro amigo quando mais precisei. Tudo foi muito mais leve porque vocês estavam ao meu lado.

Aos meus amigos Polianna, Naara, Gyselle, Joelson e Yago Walter, pelo apoio, por sempre me escutar quando precisei reclamar durante essa jornada. Aos amigos que vida distanciou Islânea, Emmanuel, Raquel, Lucas, Andresa, Bruno e Yuri, por ainda se fazerem presentes mesmo longe. Aos demais colegas de classe pelos momentos compartilhados.

Aos funcionários da UEPB, pela presteza e atendimento quando mais precisei, em especial ao técnico do laboratório de geotécnica e materiais, Divaldo, pois sem ele os ensaios não teriam sido realizados.

.

A todos, muito obrigado!

“A verdadeira viagem de descobrimento não consiste em procurar novas paisagens, e sim em ter novos olhos. ” (Marcel Proust)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	07
2	CONTROLE TECNOLÓGICO DOS AGREGADOS	09
2.1	Agregados para produção de concreto	09
2.1.1	<i>Teor de umidade</i>	10
2.2	Dimensão dos Grãos	10
2.2.1	<i>Agregado miúdo</i>	10
2.2.2	<i>Agregado graúdo</i>	11
3	CARACTERÍSTICAS DOS AGREGADOS	11
3.1	Módulo de finura	11
3.2	Dimensão máxima do agregado	12
3.3	Massa unitária e massa específica	12
3.4	Taxa de absorção de água do agregado graúdo	13
3.5	Impureza no agregado	14
3.5.1	<i>Torrões de argila</i>	14
3.5.2	<i>Material pulverulento</i>	14
4	METODOLOGIA	15
4.1	Tipo de estudo	15
4.2	Local do estudo	15
4.3	População e amostragem	15
4.4	Instrumentos e técnicas para desenvolvimento da pesquisa	16
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
5.1	Coleta de amostras	16
5.2	Agregado miúdo	17
5.2.1	<i>Módulo de finura</i>	17
5.2.2	<i>Massa específica</i>	18
5.2.3	<i>Massa unitária</i>	18
5.2.4	<i>Torrões de argila</i>	19
5.2.5	<i>Material pulverulento</i>	20
5.3	Agregado graúdo	21
5.3.1	<i>Diâmetro máximo do agregado</i>	21
5.3.2	<i>Massa unitária</i>	22
5.3.3	<i>Absorção de água</i>	22
6	CONCLUSÃO	23
	REFERÊNCIAS	25

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS AGREGADOS EMPREGADOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO NO MUNICÍPIO DE ARARUNA – PB

Thiago de Sá Sena*

RESUMO

O estudo aqui apresentado teve como objetivo averiguar a qualidade dos agregados graúdos e miúdos empregados na produção de concreto no município de Araruna/PB, para isso foram coletadas dez amostras de cada agregado em dez obras distintas para passarem por ensaios laboratoriais, a fim de caracterizar os agregados e compará-los com o padrão exigido na norma NBR 7211/2009 de agregados para concreto. Nos resultados para agregados miúdos constatou-se pelo módulo de finura que 70% eram areias médias e 30% areias finas, sendo estas não indicadas para concreto. Quanto a massa específica e unitária, o agregado miúdo estava de acordo com os parâmetros de norma e da literatura. Quanto aos percentuais de torrões de argila, observou-se que 70% das areias estavam dentro do limite da NBR 7211/2009. Quanto ao teor de material pulverulento, o cenário é preocupante visto que 60% das amostras se mostram acima do limite da NBR 7211/2009. Para as amostras dos agregados graúdos, observou-se conforme o diâmetro máximo característico dos agregados, que 60% mostraram-se como brita 2, porém, todas estavam sendo utilizadas como brita 1. Quanto a massa unitária, as britas mostraram-se na faixa normal. Em relação a absorção de água, apenas 30% das amostras de brita se mostram adequadas. Para obtenção de estruturas de concreto duráveis e seguras não é indicada a utilização de nenhum dos agregados com alguma característica em desconformidade com a norma para ser empregado na produção de concretos.

Palavras-Chave: Concreto. Agregado. Controle tecnológico.

1 INTRODUÇÃO

Nas primeiras civilizações, empregavam-se os materiais da mesma maneira como os encontravam na natureza, mas logo começou a se trabalhar para que se adaptassem as mais variadas finalidades. Na construção civil predominavam a pedra, a madeira e o barro. Mas devido ao aumento nas exigências, passou-se a demandar materiais de maior resistência, com maior durabilidade e melhor aparência, assim era preciso um material de fácil produção e moldagem, então surgiu o concreto (BAUER, 2011).

Os materiais de construção possuem origens diferentes, mas todos os materiais devem desenvolver funções específicas e previsíveis de modo que possa permitir e assegurar uma construção. O conhecimento das propriedades dos materiais de construção resulta na

* Aluno de Graduação em Engenharia Civil na Universidade Estadual da Paraíba – Campus VIII.
Email: tg.777@hotmail.com

aplicação adequada de cada um deles, além de permitir a sua utilização de forma inovadora tecnologicamente, o que tem sido de suma importância na viabilização de soluções altamente complexas dentro da construção civil no decorrer dos últimos anos (RIBEIRO, PINTO, STARLING, 2011).

De acordo com Bertolino et al. (2009), o território do Brasil conta com propriedades geológicas variadas, assim há uma gama muito grande de rochas que podem ser empregadas como agregado, que varia conforme a disponibilidade na região e sua localização.

Os agregados são materiais granulares, sem forma ou volume pré-estabelecido, com características e tamanho de acordo com uso em obra de construção civil (SERNA e REZENDE, 2009). Grande parte dos agregados se encontra disposta na natureza, porém alguns precisam ser processados para melhoramento de suas propriedades, como, por exemplo a brita, que ao ser extraída da jazida ainda deve passar por processos que adequem o seu tamanho conforme a utilização final (HAGEMANN, 2011).

A aplicação dos agregados no setor da construção civil é feita conforme suas dimensões e resistência. Os agregados grossos são destinados à produção de concreto devido ao seu tamanho reagir de modo favorável com o cimento, o que acarreta resistências elevadas a cargas mecânicas, bem como um produto final com ótima durabilidade. Já os agregados médios e finos são, geralmente, destinados ao preenchimento ou para enrijecer uma mistura (BERTOLINO et al., 2009).

O concreto convencional é um material de ampla aplicabilidade no setor da construção civil. Tal material é composto por uma mistura de cimento, água, agregado miúdo e graúdo, em que 70% do volume total é composta por agregados, visto que são os agregados que contribuem para sua resistência ao desgaste superficial e auxiliam na redução da retração da pasta de cimento e água. A dosagem dos componentes do concreto deve estar em conformidade com os parâmetros exigidos de resistência, trabalhabilidade e durabilidade. (RIBEIRO, PINTO, STARLING; 2011).

A normatização tem finalidade de regulamentar a qualidade, a classificação, a produção e a aplicação de vários materiais. Em cada país existem órgãos com a função de estabelecer tais diretrizes. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o órgão responsável pela normatização no Brasil (BAUER, 2011). A norma que dita os parâmetros dos agregados para produção de concreto é a NBR 7211/2009.

Visto a importância dos agregados no concreto e a expansão do setor construtivo nos últimos anos em Araruna - PB desde a implantação do campus VIII da UEPB, esse estudo teve como objetivo avaliar os agregados graúdos e miúdos empregados na produção de

concreto na zona urbana do município, através de ensaios para verificar suas características, e comparar sua adequação com a norma NBR 7211/2009 que estabelece parâmetros para agregados na produção de concreto.

2 CONTROLE TECNOLÓGICO DOS AGREGADOS

O controle tecnológico é realizado por meio de ensaios, com o objetivo de verificar a qualidade dos materiais que serão utilizados na obra, checando aspectos relativos à resistência e durabilidade do material (DALDEGAN, 2017). O controle tecnológico das construções é parte essencial para garantir a sua serventia e durabilidade, no entanto, muitas vezes essa tarefa é negligenciada, principalmente nos locais afastados dos grandes centros, onde a mão de obra é carente de qualificação.

De acordo com a NBR 12655/2015, é preciso fazer não somente o controle do concreto, mas também dos agregados, água e aditivos. Segundo a NBR 12654/2000 o controle tecnológico deve ser elaborado em função do grau de responsabilidade da estrutura, das condições agressivas existentes no local da obra e do conhecimento prévio das características dos materiais disponíveis para a execução das obras.

Caracterizar tecnologicamente um material de construção é, de modo abrangente, entendê-lo em relação às suas propriedades intrínsecas, como sua natureza, sua origem, sua constituição, bem como seu comportamento quando submetido a solicitações específicas, e em relação a determinados parâmetros técnicos dos quais devem ser atendidos para cumprimento de funções pré-estabelecidas para composição de uma estrutura (RIBEIRO, PINTO, STARLING; 2011).

2.1 Agregados para produção de concreto

Os agregados que fazem parte da mistura de concreto devem apresentar uma composição mineralógica necessária para assegurar resistência e durabilidade contra os esforços mecânicos para os quais as estruturas de concreto foram projetadas, e assegurar ainda que a resistência dos agregados seja superior à da pasta de cimento, caso contrário os grãos se romperiam antes da pasta. Os agregados tradicionalmente empregados como britas de granito e gnaiss, em geral satisfazem essas condições (RIBEIRO, PINTO, STARLING; 2011).

2.1.1 Teor de umidade

De acordo com Hagemann (2011), o teor de umidade corresponde a relação entre o peso da água e o peso do material seco em estufa a mais de 100°C, em porcentagem. É de suma importância para a dosagem de concretos, visto que há uma proporção adequada entre a quantidade de água e cimento na mistura de concreto.

Conforme Ribeiro, Pinto e Starling (2011), o fenômeno do inchamento, que é comum de se observar nas areias, é ocasionado devido a água presente no próprio agregado que provoca um acréscimo no seu volume aparente, causado pelo afastamento de seus grãos. A NBR 6467/2009 estabelece o método de ensaio para determinação do inchamento dos agregados miúdos para concreto, especificamente para agregados naturais.

Caso a areia já conte com certa umidade e a mesma não seja determinada, essa água vai alterar a proporção entre água e cimento do concreto, o que acarreta prejuízos à sua resistência. Em contrapartida, se a umidade for conhecida, é possível de corrigir a quantidade de água de amassamento, visto que se conhece a quantidade de água incorporada à areia (HAGEMANN, 2011).

2.2 Dimensão dos Grãos

A classificação dos agregados em gráudo e miúdo é feita conforme o tamanho de seus grãos, para isso o agregado é passado em peneiras normatizadas pela ABNT. Ribeiro, Pinto e Starling (2011) dizem que através do ensaio de granulometria é possível determinar a dimensão máxima característica e o módulo de finura do agregado, que são de suma importância para especificar a aplicação dos agregados em concretos. A composição granulométrica influencia diretamente a qualidade desse produto, essencialmente no que diz respeito à trabalhabilidade, compacidade e resistência mecânica.

2.2.1 Agregado miúdo

De acordo com a NBR 7211/2009, agregado miúdo é areia de origem natural ou resultante de britamento de rochas estáveis, ou a mistura de ambas, cujos grãos passam pela peneira ABNT 4,75 mm e ficam retidos na peneira ABNT 150 µm, em ensaio realizado de acordo com a NBR NM 248 com peneiras definidas pela NBR NM ISO 3310-1.

Segundo Silva (2012), as areias contam como composto principal o quartzo, porém sua composição química e mineralógica varia conforme sua origem, que pode ser orgânica, química, vulcânica ou clástica. Em sua forma natural é oriunda de arenitos não consolidados, aluviões, depósitos residuais, solos de alterações, dunas e outros. Já na forma industrializada é representada pelo subproduto de britagem ou lavra de pedreira.

2.2.2 Agregado graúdo

De acordo com a NBR 7211/2009, agregado graúdo é o pedregulho ou a brita proveniente de rochas estáveis, ou a mistura de ambos, cujos grãos passam por uma peneira de malha quadrada com abertura nominal de 75 mm e ficam retidos na peneira 4,75 mm em ensaio realizado de acordo com a NBR NM 248 com peneiras definidas pela NBR NM ISO 3310-1. Parte considerável do volume do concreto é composto por partículas maiores que 4,75 mm, assim os agregados graúdos devem possuir elevada resistência à compressão, baixo índice de Abrasão Los Angeles, baixo teor de materiais friáveis e boa aderência à pasta de cimento.

As britas são classificadas comercialmente de acordo com intervalos de tamanhos na série de peneiras normalizadas da ABNT, como sendo a brita 0 (4,8 – 9,5 mm), a brita 1 (9,5 – 19,0 mm) e a brita 2 (19,0 – 25,0 mm), que são geralmente mais empregadas na fabricação de concreto convencional; a brita 3 (25,0 – 38,0 mm); a brita 4 (38,0 – 64,0 mm), que possui mais aplicações em concreto massa, e por último a pedra de mão (acima de 76 mm de diâmetro), utilizada em sua maioria para construção de fundações (RIBEIRO, PINTO, STARLING; 2011).

3 CARACTERÍSTICAS DOS AGREGADOS

3.1 Módulo de finura

O módulo de finura de um agregado corresponde a soma das porcentagens retidas acumuladas em massa, nas peneiras da série normal da ABNT, dividida por 100. O valor do módulo de finura decresce à medida que o agregado vai se tornando mais fino. Conhecer a finura do agregado, é fundamental para determinar a quantidade de cimento suficiente para

cobrir os grãos e a quantidade de água de amassamento na mistura de concreto (HAGEMANN, 2011).

Segundo Ribeiro, Pinto e Starling (2011), a partir do módulo de finura, os agregados miúdos podem ser classificados como areias grossas, médias e finas, o que por seguinte definirá suas utilizações, sendo em concretos, chapisco, emboço e reboco, como apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação das areias quanto ao módulo de finura

Tipos	Módulo de finura – MF	Aplicação
Areia Grossa	MF > 3,3	Concreto e Chapisco
Areia Média	2,4 < MF < 3,3	Emboço e Concreto
Areia Fina	MF < 2,4	Reboco

Fonte: Ribeiro, Pinto e Starling (2011)

3.2 Dimensão máxima do agregado

De acordo com a NBR 7211/2009, a dimensão máxima característica ou diâmetro máximo do agregado é a abertura nominal da peneira, em milímetros, da série normal ou intermediária, em que o agregado contar com uma percentagem retida acumulada igual ou inferior a 5% de sua massa.

A NBR 6118/2014, que trata de projeto de estrutura de concreto, recomenda que o diâmetro máximo do agregado não supere determinados limites, a fim de evitar danos ou atrapalhar o processo de concretagem no caso de estruturas de concreto armado, em que a dimensão máxima característica do agregado graúdo para uso em misturas de concreto armado não deve ultrapassar em 20% a espessura do cobrimento nominal.

3.3 Massa unitária e massa específica

Segundo Hagemann (2011), a massa unitária é a relação entre a massa e o volume aparente do agregado, em que o volume aparente é a soma do volume dos grãos com o volume dos vazios. A massa unitária pode ser usada como medida indireta da quantidade de vazios entre os grãos de agregados, bem como para relacionar quantidades de material em peso para volume.

De acordo com Ribeiro, Pinto e Starling (2011), através da massa unitária é possível fazer a classificação dos agregados em leves, normais e pesados, tendo em vista que tal valor

é fornecido pela relação entre a massa e o volume de sólidos, assim como o volume de vazios. Essa classificação dos agregados conforme a massa unitária está apresentada na Tabela 2, assim como exemplos de agregados de acordo com a sua classificação e suas aplicações.

Tabela 2 – Classificação dos Agregados segundo a massa unitária

Classificação	Massa unitária γ_a (kg/dm³)	Exemplos	Exemplos de utilização
Leves	$\gamma_a < 1$	Escória de alto-forno, lodo de esgoto, argila expandida	Pré-moldados
Normais	$1 < \gamma_a < 2$	Areia, brita e pedregulho	Obras correntes
Pesados	$\gamma_a > 2$	Barita, limonita, magnetita	Concretos de estruturas especiais: blindagem contra radiação etc.

Fonte: Ribeiro, Pinto e Starling (2011)

A massa específica corresponde a uma medida indireta da compacidade do grão do material, visto que quanto menor a massa específica mais leve é o material ou mais vazios ele possui. No caso de agregados, não se trata dos vazios entre os grãos ou volume aparente, mas os vazios correspondem aos vazios do próprio grão, que também interferem na porosidade do mesmo (HAGEMANN, 2011).

Deve-se atentar a massa específica, visto que segundo Mehta e Monteiro (2008) fatores como exsudação e segregação, que interferem na qualidade do concreto, têm suas principais causas relacionadas aos índices de massa específica inadequada, pouca quantidade de partículas e métodos irregulares de adensamento.

3.4 Taxa de absorção de água do agregado graúdo

A taxa de absorção de água do agregado graúdo é determinada de acordo com a norma NBR NM 53 – Agregado Graúdo – Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água (ABNT, 2009), que define a quantidade de água que tal agregado é capaz de absorver em percentual relativo a massa do agregado no estado seco.

De acordo com a norma NBR 7211/2009, para agregados produzidos a partir de rochas com absorção de água inferior a 1%, determinados conforme a ABNT NBR NM 53, o limite de material fino pode ser alterado de 1% para 2%.

3.5 Impureza no agregado

Geralmente existem nos agregados miúdos e graúdos substâncias que são consideradas nocivas à produção do concreto como os torrões de argila, os materiais pulverulentos ou as impurezas orgânicas, pois se enquadram como materiais contaminantes e devem estar presentes nesse tipo de mistura em teores limitados para que não prejudiquem a qualidade final ou o desempenho do concreto com o surgimento de patologias (RIBEIRO, PINTO, STARLING; 2011).

Avaliar se o agregado contém material que inviabilize seu uso, tais como: partículas que podem dar origem a reações químicas expansivas com o cimento, partículas com dimensões iguais ou inferiores às do cimento, que enfraquecem a estrutura do material hidratado, partículas com baixa resistência ou com expansões e contrações excessivas, material que interfira na pega e endurecimento do cimento, impurezas que prejudiquem as armaduras do concreto armado (HAGEMANN, 2011).

3.5.1 *Torrões de argila*

Segundo Ribeiro, Pinto e Starling (2011), tanto o agregado graúdo quanto o agregado miúdo para a produção de concreto não devem possuir nenhuma quantidade de argila em modo de torrões friáveis, em percentual relativo ao peso do agregado, maiores que os limiares estabelecidos pela NBR 7211/2009, que determina como limite máximo de 3% de torrões de argila para agregado miúdo e o intervalo limite de 1 a 3% para agregado graúdo, de acordo com o tipo de concreto.

3.5.2 *Material pulverulento*

Segundo Hagemann (2011), o material pulverulento é composto por partículas minerais com dimensão inferior a 0,075 mm, abrangendo os materiais solúveis em água. A taxa desse material é dada pela diferença de massa entre a amostra de agregado com material pulverulento e a massa após processo de lavagem da norma NBR 7218/2010.

A norma NBR 7211/2009, de agregados para concreto, afirma que não deve conter valores de material pulverulento percentuais acima do limite de 3%, em concreto submetido à desgaste superficial, e a 5% nos demais concreto, em agregado miúdo, e nem acima de 1% em agregado graúdo.

4 METODOLOGIA

4.1 Tipo de estudo

A pesquisa foi realizada de maneira qualitativa e quantitativa, que de acordo com Köche (2011) examina as relações entre duas ou mais variáveis de um determinado fenômeno sem manipulá-las. A partir disso, como retorno da aplicação de tais métodos a fim de atingir o objeto da pesquisa, obteve-se as situações dos agregados minerais graúdos e miúdos analisados no estudo.

4.2 Local do estudo

O estudo foi realizado no município de Araruna, no estado da Paraíba, como mostrado na Figura 1, sendo este escolhido em consequência do relativo crescimento demográfico e econômico nos últimos anos, oriundo especialmente pela implantação do Campus VIII da Universidade Estadual da Paraíba, que por sua vez proporcionou avanço na educação, no comércio e na infraestrutura local.

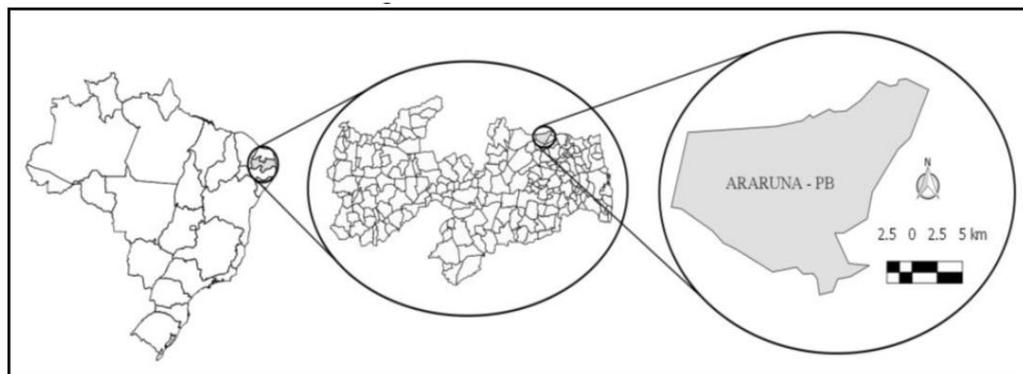


Figura 1 – Localização geográfica do estudo
Fonte: Neves (2016)

4.3 População e amostragem

A pesquisa teve como objeto de estudo uma amostra de dez obras do município de Araruna – PB, em que os agregados graúdos e miúdos utilizados na produção de concretos foram coletados.

4.4 Instrumentos e técnicas para desenvolvimento da pesquisa

O estudo se desenvolveu de acordo com fluxograma apresentado na Figura 2, no qual contém cada atividade realizada e os ensaios suas respectivas normas de execução.

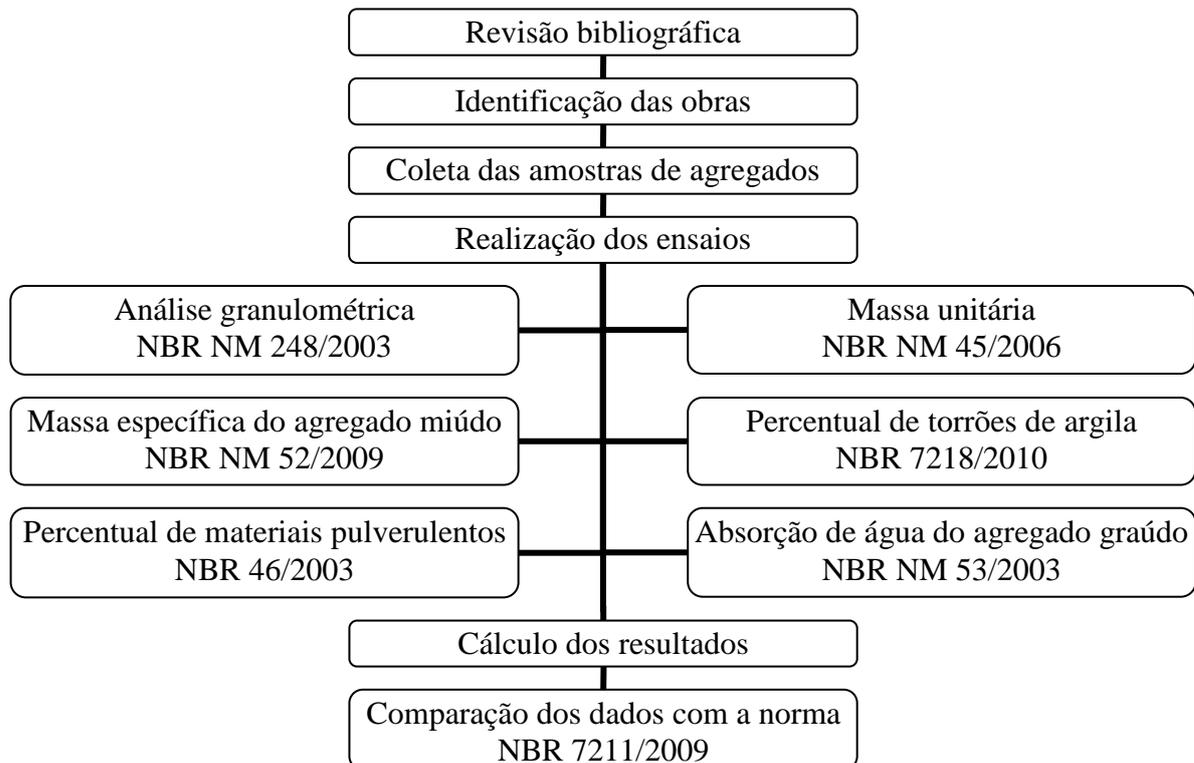


Figura 2 – Fluxograma das atividades

Fonte: Próprio autor (2018)

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Coleta de amostras

A coleta das amostras de agregados para as análises em laboratório foi feita em dez canteiros de obras diferentes espalhados na cidade de Araruna, entre 23 e 27 de julho de 2018, em quantidades suficientes para realização de todos os ensaios. Os agregados miúdos e graúdos foram selecionados, separados e armazenados de acordo com a quantidade e as orientações estabelecidas nas normas que regem os ensaios que foram realizados. Alguns dos agregados coletados estão mostrados na Figura 3.



Figura 3 - Agregados coletados para ensaios
Fonte: Próprio autor (2018)

5.2 Agregado miúdo

5.2.1 Módulo de finura

O módulo de finura tem relação com a área superficial do agregado e, por isso interfere na água de molhagem para que o agregado miúdo tenha uma certa consistência. O módulo de finura deve ser mantido constante dentro de certos limites a fim de evitar mudanças no traço da mistura de concreto.

A partir dos dados da análise granulométrica foi possível calcular o módulo de finura de cada areia coletada para verificar em que tipo de areia tais agregados se enquadravam. Assim, os resultados com os valores do módulo de finura e a classificação conforme o tipo de areia são mostrados Tabela 3.

Tabela 3 – Módulo de finura e tipo de areia

Obra	Módulo de Finura	Tipo de Areia
1	2,65	Média
2	2,72	Média
3	2,54	Média
4	2,04	Fina
5	3,02	Média
6	2,04	Fina
7	2,59	Média
8	2,48	Média
9	3,07	Média
10	2,26	Fina

Fonte: Próprio autor.

A partir da observação das informações expostas na Tabela 3, verifica-se que das dez amostras, sete delas se enquadram com areia média, e apenas três como areia fina. Como as areias coletadas estavam sendo usadas para produção de concreto convencional, o ideal é que

se empregue areia média ou grossa, sendo assim 70% das obras estavam utilizando areias com módulo de finura adequado para produção de concreto, enquanto 30% das obras utilizava areias indevidas para tal finalidade.

5.2.2 *Massa específica*

A massa específica dos agregados foi determinada através do procedimento da norma NBR NM 52/2009. Os resultados desses ensaios estão expostos na Tabela 4.

Tabela 4 – Massa específica dos agregados miúdos

Obra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Massa específica (g/cm³)	2,33	2,33	2,63	2,46	2,57	2,38	2,57	2,60	3,20	2,82

Fonte: Próprio autor.

De acordo com a literatura, a massa específica de uma areia geralmente gira em torno de 2,60 g/cm³. Tendo como parâmetro esse valor, em 70% das amostras os valores estão em torno da massa específica tomada como referência.

5.2.3 *Massa unitária*

Os valores de massas unitárias dos agregados miúdos obtidos por meio dos ensaios estão mostrados na Tabela 5 a seguir.

Tabela 5 – Massa unitária do agregado miúdo

Obra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Massa Unitária (g/cm³)	1,51	1,56	1,43	1,51	1,55	1,52	1,53	1,65	1,44	1,49

Fonte: Próprio autor.

Ao comparar os resultados de massa unitária obtidos com os intervalos da Tabela 2, verifica-se que todas as amostras estão entre 1,00 e 2,00 g/cm³. Logo, segundo a massa unitária todas as areias se classificam como agregados normais, nem pesados e nem leves. Então todas as amostras de areais estudadas apresentaram um bom resultado quanto a esse parâmetro.

5.2.4 Torrões de argila

A presença de quantidades consideráveis de torrões de argila em concretos, principalmente os de grandes dimensões, acaba acarretando pontos fracos no interior do material e quando dissolvidos contornam os grãos resistentes restringindo a aderência, e conseqüentemente a resistência do material. Dessa forma, caracteriza-se o valor e a importância do ensaio de torrões de argila. A Figura 4 traz um exemplo dos torrões constatados durante a realização dos ensaios.

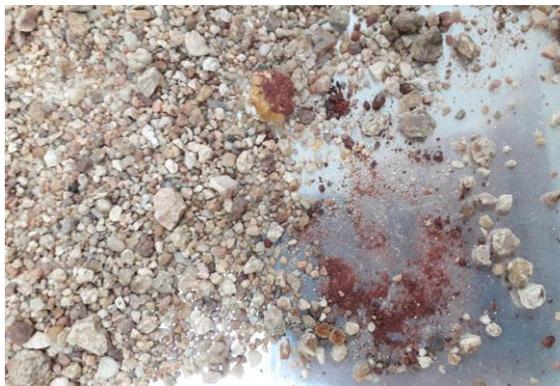


Figura 4 – Torrões de argila destorroados no ensaio
Fonte: Próprio autor (2018)

Os resultados e os valores de massa inicial e final dos ensaios do percentual de torrões de argila nos agregados miúdos estão listados na Tabela 6 a seguir.

Tabela 6 – Percentual de torrões de argila no agregado miúdo

Obra	Massa inicial (g)	Massa final (g)	Torrões de Argila (%)
1	200,06	184,72	7,67
2	200,09	198,56	0,76
3	200,09	195,08	2,50
4	200,01	195,33	2,34
5	200,04	196,04	2,00
6	200,11	179,54	10,28
7	200,13	181,63	9,24
8	200,07	197,23	1,42
9	200,21	198,69	0,76
10	200,09	196,42	1,83

Fonte: Próprio autor.

Visto que os agregados com finalidade de produzir concreto tem um limite de 3% de torrões de argila toleráveis, de acordo com a NBR 7211/2009. Ao comparar o limite

estabelecido por norma com os resultados obtidos na Tabela 7, verifica-se que 30% das areias encontram-se acima do limite e 70% abaixo desse limite e estão adequadas para uso na produção de concreto.

5.2.5 Material pulverulento

A relevância do ensaio de materiais pulverulentos é percebida no ponto em que sua presença é extremamente indesejável na composição do concreto, já que esses materiais podem prejudicar a aderência do agregado a pasta e assim diminuir a resistência do concreto, bem como alguns desses materiais podem ser reativos e reagirem com álcalis do cimento, o que pode comprometer a durabilidade da estrutura de concreto.

Os resultados, os valores das massas iniciais e finais dos ensaios do percentual de material pulverulento nos agregados miúdos estão listados na Tabela 7.

Tabela 7 – Percentual de material pulverulento nos agregados miúdos

Obra	Massa inicial (g)	Massa final (g)	Material Pulverulento (%)
1	500,62	466,62	6,79
2	500,72	493,53	1,44
3	500,19	473,62	5,31
4	500,2	473,61	5,32
5	500,06	495,87	0,84
6	500,48	420,59	15,96
7	500,47	464,91	7,11
8	500,23	424,77	15,09
9	500,09	487,65	2,49
10	500,11	492,16	1,59

Fonte: Próprio autor.

Os agregados para produção de concreto têm uma tolerância de 3 a 5% no teor de material pulverulento em percentagem, conforme a norma NBR 7211/2009. Assim, comparando o intervalo estabelecido por norma com os resultados obtidos na Tabela 7, percebe-se que 60% das areias estão acima do limite e 40% abaixo do limite máximo desse intervalo. Mostra-se como um quadro preocupante, pois maior parte do agregado miúdo usado na produção de concreto está com excesso de finos.

5.3 Agregado graúdo

5.3.1 Diâmetro máximo do agregado

A partir dos ensaios de análise granulométrica dos agregados graúdos foi possível determinar o diâmetro máximo de cada amostra de brita no intuito de verificar em que tipo de brita tais agregados se enquadravam. Assim, os resultados dos percentuais de retido acumulado de cada amostra, bem como os valores do diâmetro máximo e a classificação conforme o tipo de brita são elencados na Tabela 8.

Tabela 8 – Percentual de retido acumulado, diâmetro máximo e tipo de brita de cada obra

Peneira (mm)	Retido Acumulado (%)									
	Obra 1	Obra 2	Obra 3	Obra 4	Obra 5	Obra 6	Obra 7	Obra 8	Obra 9	Obra 10
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,35	0,00	0,00
19	7,81	13,37	3,98	3,60	13,37	13,05	7,49	15,76	3,03	3,01
12,5	68,08	72,28	58,36	50,10	77,38	71,30	92,11	79,35	36,85	79,73
9,5	92,35	93,38	88,66	82,38	93,41	91,52	99,67	95,01	51,36	95,76
6,3	99,60	99,82	99,79	98,73	98,66	99,54	99,69	99,61	70,18	99,60
4,8	99,87	99,94	99,86	99,84	99,58	99,86	99,77	99,88	82,98	99,84
2,4	99,92	99,95	99,88	99,92	99,89	99,92	99,82	99,95	98,14	99,89
1,2	99,92	99,95	99,90	99,92	99,90	99,92	99,87	99,96	99,65	99,90
Fundo	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
D_{max}	25	25	19	19	25	25	25	25	19	19
Tipo de Brita	2	2	1	1	2	2	2	2	1	1

Fonte: Próprio autor.

Ao observar a Tabela 8, constatou-se que quatro amostras têm diâmetro característico máximo de 19 mm, o que quer dizer que 40% das britas são do tipo 1 e seis amostras têm 25 mm como diâmetro máximo característico, significando que 60% das britas são do tipo 2.

Como tratam-se de obras residenciais, ambas as britas servem para produção de concreto convencional, mas considerando que todas as amostras foram coletadas como brita 1, apenas 40% se enquadra como tal. Isso é preocupante pois o tipo de brita pode interferir na concretagem no que diz respeito aos espaçamentos das armaduras e ocasionar problemas futuros aos elementos da estrutura, bem como pode interferir na dosagem da mistura de concreto, que geralmente é determinada considerando a brita 1 com agregado graúdo.

5.3.2 Massa unitária

Os valores de massas unitárias dos agregados graúdos obtidos por meio dos ensaios estão mostrados na Tabela 9 a seguir.

Tabela 9 – Massa unitária do agregado graúdo

Obra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Massa Unitária (g/cm³)	1,52	1,52	1,53	1,54	1,47	1,52	1,39	1,49	1,45	1,48

Fonte: Próprio autor.

Assim como os agregados miúdos, todas as britas se classificam como agregado normal. Logo, todas as britas estudadas estavam adequadas quanto a esse parâmetro.

5.3.3 Absorção de água

A taxa de absorção de água da brita pode afetar o fator água/cimento da mistura de concreto, visto que o agregado consome parte da água de amassamento que deveria servir para reações de hidratação do cimento, o que prejudica a formação da estrutura cristalina e acarreta na redução da resistência do concreto.

Os resultados, os valores das massas iniciais e finais dos ensaios de percentual de absorção de água pelos agregados graúdos estão listados na Tabela 10.

Tabela 10 – Absorção de água pelo agregado graúdo

Obra	Massa seca (g)	Massa úmida (g)	Absorção (%)
1	2000,23	2041,11	2,04
2	2000,69	2036,61	1,80
3	2000,37	2057,54	2,86
4	2000,13	2058,04	2,90
5	2000,29	2051,4	2,56
6	2000,19	2057,36	2,86
7	2000,09	2028,79	1,43
8	2000,28	2029,05	1,44
9	2000,24	2083,78	4,18
10	2000,39	2040,61	2,01

Fonte: Próprio autor.

Como o fator limite definido por norma é de 2%, observa-se que dos resultados apresentados na Tabela 10, somente 30% das amostras de brita se mostram adequadas quanto a taxa de absorção enquanto 70% das britas apresentaram taxa maior que 2%.

Os agregados de todas as obras se mostraram adequados quanto a massa unitária, então os dados desse parâmetro não foram considerados na análise geral para verificar a obra na qual os agregados estavam conforme a NBR 7211/2009. Portanto, os resultados considerados e a situação dos agregados para aplicação em concreto estão na Tabela 11.

Tabela 11 – Levantamento das características dos agregados e classificação para uso em concreto

Obra	Tipo de Areia	Massa específica da Areia (g/cm ³)	Torrões de Argila (%)	Material Pulverulento (%)	Tipo de Brita	Taxa de Absorção da Brita (%)	Situação Geral dos Agregados
1	Média	2,33	7,67	6,79	2	2,04	Inadequados
2	Média	2,33	0,76	1,44	2	1,80	Inadequados
3	Média	2,63	2,50	5,31	1	2,86	Inadequados
4	Fina	2,46	2,34	5,32	1	2,90	Inadequados
5	Média	2,57	2,00	0,84	2	2,56	Inadequados
6	Fina	2,38	10,28	15,96	2	2,86	Inadequados
7	Média	2,57	9,24	7,11	2	1,43	Inadequados
8	Média	2,59	1,42	15,09	2	1,44	Inadequados
9	Média	3,20	0,76	2,49	1	4,18	Inadequados
10	Fina	2,82	1,83	1,59	1	2,01	Inadequados

Fonte: Próprio autor.

Assim, para esse estudo, ao verificar separadamente agregado miúdo e agregado graúdo, apenas duas das areias se mostraram adequadas e nenhuma das britas estavam conforme especificadas, mas três delas poderiam ser empregadas em misturas de concreto caso o mesmo fosse dosado para brita 2. Porém, ao considerar agregados miúdos e graúdos, ambos em conformidade com a norma, nenhuma das obras empregavam agregados adequados na produção de concreto.

6 CONCLUSÃO

A partir dos dados obtidos foi possível perceber a situação dos agregados no município de Araruna-PB, bem como se obteve o diagnóstico da qualidade dos materiais

empregados na produção de concreto ao identificar os pontos que mais demandam atenção para que possam ser corrigidos.

Além das características aqui abordadas, há inúmeras outras que auxiliam na identificação da qualidade dos agregados, como a resistência ao desgaste e ao esmagamento, bem como a resistência do concreto produzido com os agregados caracterizados para verificar a influência de cada parâmetro quanto a capacidade do concreto produzido.

Notou-se também que a desconformidade dos agregados com a norma NBR 7211/2009 pode ser relacionada a dois fatores, os padrões de produção das pedreiras e dos areais na cidade de Araruna e o armazenamento dos agregados no canteiro de obras. Então recomenda-se que os fornecedores de agregados aumentem o controle de qualidade em sua produção, e que o armazenamento dos agregados nas obras seja o mais adequado possível, longe de substâncias nocivas e intempéries.

QUALITY EVALUATION OF AGGREGATES OF CONSTRUCTION WORKS IN ARARUNA-PB TOWN IN CONCRETE PRODUCTION

ABSTRACT

The present study aimed to verify the quality of the aggregates that are used in the production of concrete in Araruna/PB town, for that, ten samples of large and small aggregates of ten different worksite were collected to be tested in laboratory in order to characterize those aggregates and compare them with the standards required in the norm NBR 7211/2009 of aggregate for concrete. As results for the small aggregates, it was verified by the modulus of fineness that 70% were medium sands and 30% fine sand that is not indicated for concrete. About the specific and unit mass, the small aggregate was in agreement with the norm and literature parameters. About percentages of clay clods, 70% of the sands were in agreement with the norm NBR 7211/2009 limit. About the content of powdery material, the scenario is worrisome since 60% of the samples is above the limit accepted by norm NBR 7211/2009. For samples of large aggregates, it was observed according to the maximum diameter characteristic of the aggregates that 60% were shown as gravel 2 but all were being used as gravel 1. About the unit mass, gravel were in the normal range. In relation to the water absorption, only 30% of gravel samples are adequate. In order to obtain durable and safe concrete structures, it is not recommended to use any of the aggregates with some characteristic not in conformity with the standard to be used in the production of concretes.

Keywords: Concrete. Aggregate. Technological control.

REFERÊNCIAS

____ABNT, Associação Brasileira De Normas Técnicas. ABNT NBR 7211 - Agregados para concreto – Especificações. Rio de Janeiro, 2009.

____ABNT, Associação Brasileira De Normas Técnicas. ABNT NBR NM 248 - Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

____ABNT, Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 12655 - Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimento. Rio de Janeiro, 2015.

____ABNT, Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 6118 – Projeto de Estruturas de Concreto-Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

____ABNT, Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 7218 - Agregados - Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis. Rio de Janeiro, 2010.

____ABNT, Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR NM 45 - Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

____ABNT, Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR NM 46 - Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 um, por lavagem. Rio de Janeiro, 2003.

____ABNT, Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR NM 52 - Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.

____ABNT, Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR NM 53 - Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2009.

BAUER, L.A. Falcão. **Materiais de Construção**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011. 488 p.

BERTOLINO, L. C.; PALERMO, N.; BERTOLINO, A. V. F. A.; Geologia. In: ALMEIDA, S. L. M. de; LUZ, A. B. da (Org.). **Manual de Agregados para Construção Civil**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2009. p. 1-245.

DALDEGAN, Eduardo. Como fazer o controle tecnológico do concreto. **Engenharia Concreta**, 2017. Disponível em: <<https://www.engenhariaconcreta.com/como-fazer-o-controle-tecnologico-do-concreto/>>. Acesso em: 15 jun. 2018.

HAGEMANN, S. E. Apostila de Materiais de Construção Básicos . IFSUL. 2011. Disponível em: <http://tics.ifsul.edu.br/matriz/conteudo/disciplinas/_pdf/apostila_mcb.pdf>. Acesso em: 24 out. 2018.

MEHTA, P. K., MONTEIRO, P. J. M. **Concreto – Estruturas, propriedades e materiais**. São Paulo: Editora Pini, 2008.

NEVES, Yuri Tomaz. **TRATAMENTO ALTERNATIVO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM COMUNIDADES RURAIS**. 2016. 23 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual da Paraíba, Araruna, 2016.

RIBEIRO, C.; PINTO, J. D. S.; STARLING, T. **Materiais de Construção Civil**. 3 ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2011.

SERNA, H. A.; REZENDE, M. M. **Agregados para Construção Civil**. In: Economia Mineral do Brasil. Brasília: DNPM: 2009.

SILVA, G, A. **Diagnóstico do setor de agregados para a construção civil na região metropolitana de Natal – RN**. 2012. 193 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.