

**Elaboração de tabelas para dosagem de concreto com base nos agregados utilizados no
Nordeste Mineiro**

**Elaboration of tables for concrete dosage based on the aggregates used in Northeast
Mineiro**

Acly Ney Santiago de Oliveira

Universidade Presidente Antônio Carlos (UNIPAC), Brasil

E-mail: aclyney@gmail.com

Walyson Lopes da Silva

Universidade Presidente Antônio Carlos (UNIPAC), Brasil

E-mail: walysonlopes@hotmail.com

Stênio Cavalier Cabrai

Universidade Federal dos Vales do Mucuri e Jequitinhonha (UFVJM), Brasil

E-mail: stenio.cavalier@ufvjm.edu.br

Thiago Bomjardim Porto

Pontifícia Universidade Católica (PUC-MG), Brasil

E-mail: porto@pucminas.br

Pedro Emílio Amador Salomão

Universidade Presidente Antônio Carlos (UNIPAC), Brasil

E-mail: pedroemilioamador@yahoo.com.br

Recebido: 04/03/2018 – Aceito: 28/03/2018

Resumo

Visto o aumento gradativo do nível tecnológico da produção de insumos, máquinas e demais coisas relacionadas diretamente e indiretamente na Indústria da Construção Civil, ainda se faz necessário trabalhos que estudem as características dos materiais de cada região do país e suas aplicações aos traços de concreto tradicionalmente utilizados. Vários estudos demonstram que variações nos agregados alteram as propriedades finais do concreto confeccionado, o que inviabiliza a utilização de tabelas gerais, como é de costume nas obras. Nessa perspectiva, estudou-se a dosagem de concreto aplicando agregados da região da cidade brasileira de Teófilo Otoni, localizada no nordeste mineiro. Tanto na utilização de agregados regionais, bem como na aplicação de aglomerantes atualmente utilizados no Brasil e outros mais aspectos abordados nesse trabalho, é evidente a necessidade de estudos regionalmente aplicáveis como esse, que trouxe resultados, que desencadeou a confecção de tabelas aplicáveis, práticas, que representam um avanço na tecnologia da confecção de concreto na região, e que poderão ser aplicadas em obra, facilitando os projetos de engenharia e trazendo maior segurança aos usuários e executores dos empreendimentos futuros.

Palavras-chave: Dosagem; concreto; traço; agregados regionais.

Abstract

Given the gradual increase in the technological level of the production of inputs, machines and other things directly and indirectly related to the Civil Construction Industry, it is still necessary to study the characteristics of the materials of each region of the country and its applications to the concrete traces traditionally used. Several studies have shown that variations in aggregates alter the final properties of ready-mixed concrete, which makes it impossible to use general tables, as is customary in construction. In this perspective, the concrete dosage was applied applying aggregates of the region of the Brazilian city of Teófilo Otoni, located in the northeast of Minas Gerais. In the use of regional aggregates, as well as in the application of binders currently used in Brazil and other aspects addressed in this work, it is evident the need for regionally applicable studies such as this one, which brought results, which triggered the preparation of which may represent an advance in concrete manufacturing technology in the region, which can be applied to the site, facilitating engineering projects and bringing greater security to users and executors of future developments.

Key-words: Dosage; concrete; trait; region regional.

1. Introdução

Os métodos de construção civil no Brasil são caracterizados por serem tradicionais, mantendo um metodologias e técnicas saudosistas. Esse saudosismo pode ser encontrado nas práticas de dosagem de concreto, que em muitas obras interferem de forma significativa como na resistência final das estruturas.

Tabelas elaboradas na década de 1960, normalmente se tornam desatualizadas e inviáveis visto a evolução das matérias primas e por estarmos em um país de grande extensão territorial como o Brasil, onde é evidente a grande variabilidade de climas, formações rochosas, relevos e vegetações, o que reflete diretamente nos agregados disponíveis e na viabilidade econômica de sua forma de extração.

Por isso, baseado primordialmente na mistura desses agregados, cimento e água, é de suma importância estudar quais características do concreto podem sofrer variações. Tais estudos podem trazer à construção civil uma melhor gestão de recursos, diminuição de custos e retrabalhos, garantirem maior lucratividade e competitividade para as empresas, além de

garantir aos usuários dos empreendimentos mais segurança pela maior previsão da resistência atingida pelos diversos traços utilizados nas obras.

Fatores aleatórios referente a fabricação e elaboração do concreto, podem interferir na resistência final, como o tipo de cimento, a qualidade dos materiais utilizados, o tempo de cura, a umidade disponível à mistura durante o processo de cura, a quantidade de ar incorporado na estrutura, o adensamento feito dentre outras coisas. Tem-se uma gama de fatores essenciais para chegar em um concreto de qualidade, mas o primeiro passo para um bom concreto está na dosagem dos materiais base.

Pode ser visto e relatado que na história da dosagem de concreto na construção civil brasileira, inúmeros trabalhos que buscaram uma padronização de traços para serem utilizados no dia a dia do setor, contudo, a dependência de agregados locais e a constante evolução dos aglomerantes alteram os resultados obtidos em cada região do país.

Dessa maneira, entende-se a necessidade regional, na qual se encontra a cidade de Teófilo Otoni, localizada no interior do Estado de Minas Gerais, Vale do Mucuri, em desenvolver um estudo visando um maior conhecimento da resistência final a compressão de traços utilizados na construção civil local, com agregados miúdos e graúdos também utilizados e extraídos na própria região, elaborando tabelas de dosagem e traços que possam ser utilizadas nos empreendimentos do setor de construção civil.

1.1 Revisão Bibliográfica

Agregado, segundo Albuquerque (2008, p.63) pode ser definido como material desaglomerado, baixa tamanho de partícula, com pouca atividade química. Pode receber algumas outras definições como: filer, pedra britada, bica-corrída, rachão etc. Esses agregados podem ainda ser classificados de acordo com as dimensões de suas partículas, sua origem e o peso específico aparente.

Os agregados pode ser classificados de acordo com sua origem, sendo: natural (Agregados Naturais) ou industrial (Agregados Industrializados). O primeiro é encontrado “em forma particulada” na natureza, já o segundo, necessita de processos industriais de desaglomeração para ser obtido.(ALBUQUERQUE, 2008)

(...) os agregados devem ser compostos por grãos de minerais duros, compactos, estáveis, duráveis e limpos, e não devem conter substâncias de natureza e em quantidade que possam afetar a hidratação e o endurecimento do cimento, a proteção

da armadura contra a corrosão, a durabilidade ou, quando for requerido, o aspecto visual externo do concreto. NBR7211(ABNT, 2005, p.4).

Materiais utilizados na construção civil, como areias, britas e cascalhos são consideradas como agregados, porém de acordo com sua granulometria recebem uma classificação mais específica, como por exemplo: as areias são consideradas como agregados miúdos e os cascalhos e britas classificados como agregados graúdos na nomenclatura adotada na construção civil.

A areia, segundo Albuquerque (2008), é, geologicamente, um sedimento não consolidado e pode ter diversas origens, provindo de rio, de cava, de britagem, de escória, e de praias e dunas. Dentre todos esses possíveis tipos, nesse trabalho destacam-se os seguintes tipos:

- 1- Areia de rio. (Areia Lavada). Compreendem sedimentos depositados em leitos de determinados rios. Sua extração é feita por dragas, que através da sucção retiram esse material juntamente com água, destinando-o para lagoas de decantação, onde as areias são separadas. É importante determinar que o diâmetro dos seus grãos não ultrapassa 4,8 mm, sendo maiores que 0,075mm.
- 2- Areia proveniente de britagem. Esse material advém da britagem em pedreiras e mineradores. Após a britagem a areia é separada a seco e depois disposta em separadores por umidade que retiram o material com diâmetros menores que 0,075 mm, visando um produto de maior qualidade. Todavia, para o concreto também pode-se utilizar da areia “seca”, ou não lavada.

A granulometria das areias pode ser classificada segundo a NBR 6502 (ABNT, 1995, p. 9) pelos diâmetros das rochas que a compõem em: fina (0,06 a 0,2 mm), média (0,2 a 0,6 mm) e grossa (0,6 a 2,0 mm).

Diversas rochas estão aptas para serem utilizadas na produção de agregados na indústria, sendo que em cada região os custos para a produção ou disponibilidade por um tipo de rocha se torna mais viável. Essa viabilidade econômica que direciona a produção de agregados destinados à construção civil aumenta a variabilidade nos concretos produzidos em todo o país. A busca por competitividade traz ao mercado a necessidade excessiva da redução de custos.

Para agregados, as rochas comumente exploradas são os granitos, basaltos, gnaisses, calcários, arenitos, escória de alto-forno, hematita, entre outras. Cada uma delas traz consigo valores variados de densidade, resistência mecânica a diversos tipos de forças atuantes (compressão, flexão e tração), coeficiente de Poisson, e módulo de elasticidade.

A produção do próprio Cimento Portland também poderia sofrer variações. Contudo, essas são desprezíveis pela existência de normativas que conduzem toda a produção, garantindo a padronização efetiva do aglomerante a ser comercializado, o que não acontece na dosagem do concreto, que não apresenta normativas regulamentadoras. Por isso, as variações no concreto se voltam para os agregados.

A ABNT, através da NBR7211 (ABNT, 2005, p.5) dá as diretrizes para o recebimento e produção dos agregados, tanto miúdos como graúdos, que serão destinados à produção do concreto, mas não garante dosagens eficientes desses materiais.

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 5732 (ABNT, 1991, p. 8), Cimento Portland Comum é um “aglomerante hidráulico obtido pela moagem de clínquer Portland ao qual se adiciona, durante a operação, a quantidade necessária de uma ou mais formas de sulfato de cálcio.”; segundo essa norma, ainda durante a moagem é possível se adicionar materiais pozolânicos, escórias granuladas de alto-forno e/ou materiais carbonáticos, nos teores especificados na mesma. Assim, se torna ao final do processo um aglomerante que reage com água e endurece, trazendo consigo uma gama de características e resistências importantes, como à compressão.

Para produção do concreto convencional é comumente empregado os materiais citados anteriormente como: agregado miúdo, graúdo e cimento Portland, ainda com a adição de água, que reage com o aglomerante e possibilita a solidificação da mistura. A mistura de cada material com a devida proporção resulta no produto final chamado ‘traço’ ou dosagem do concreto, que nesse trabalho seguiu a seguinte ordem: *Cimento: Agregado Miúdo (Areia) : Agregado Graúdo (Brita)*. Todavia, segundo Pimenta (2009), no local da obra podem-se ter vários tipos de agregados ou materiais cimentícios. O autor aponta a importância dos estudos de campo e em laboratórios para a caracterização de variados materiais disponíveis a uma obra. Tais estudos, que podem ser de dosagem e ensaios no concreto, poderão apontar os materiais que atendam a requisitos de qualidade e qual custo geram para a edificação.

Estudos feitos por Ribeiro *et al.* (2016), reportaram por uma amostragem probabilística por conglomerado, condições de dosagem de concretos de obras em geral produzidos na cidade de Angicos/RN. O trabalho dos autores visou analisar a produção de concretos sem qualquer preocupação técnica acerca das propriedades finais atingidas, como módulo de elasticidade estático, módulo de elasticidade dinâmico e resistência a compressão. De forma preocupante, e que representa muito do que se tem no Brasil, o estudo revelou que em mais da metade das obras em que foram coletados os dados, produziam-se concretos com resistências à compressão inferiores a 20 MPa, que segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014) configura o valor

mínimo a ser a apresentado para concretos estruturais. O fato de que algumas das obras avaliadas, e que não atenderam as prescrições das normas para concretos estruturais, eram edifícios públicos com gestão federal, atenuou a preocupação com a falta de fiscalização e critérios por parte do próprio governo em relação ao tema no país.

Como relatado por Tutikian e Helene (2011), o Brasil não possui normativas que padronizam a dosagem de concretos, o que leva muitos estudiosos da área a propor métodos próprios e particulares de dosagem. Os estudos de dosagem vêm sendo realizados e o com intuito de otimizar a melhor mistura e com valor econômico mais acessível em uma determinada região, utilizando materiais locais. Com isso é possível atingir uma série de requisitos, como resistência mecânica, que é geralmente o parâmetro mais analisado. “Há misturas com excesso ou insuficiência de areia, cascalho e / ou água, caracterizando a ausência de métodos de dosagem eficazes.” (RIBEIRO, *et al.*, 2016, p. 731)

Princípios de dosagem dos constituintes do concreto, podem ser apresentados de maneira fundamental como em trabalhos reportados por Tutikian e Helene (2011), sendo o primeiro o fato precursor da resistência a compressão dos concretos, é a relação água/cimento. Podendo relacionar a consistência do concreto com à quantidade de Água por m³ aplicada, o que torna esse um parâmetro a ser contabilizado nesse trabalho.

A NBR7211 (ABNT, 2005) aponta que se houver a falta de antecedentes relacionados ao desempenho dos agregados em determinadas áreas em que se torne inviável economicamente a obtenção de agregados previstos pela norma com todas suas exigências, a sua utilização para a produção de concreto deve ser precedida por estudos e experimentos realizados com qualidade e documentados por profissionais devidamente qualificados. Em contraposição, o panorama constatado por Ribeiro *et al.* (2016, p. 732) mostra que “o concreto é amplamente utilizado como material de construção, com pouca ou nenhuma monitorização.”, o que eleva a relevância de estudos nessa área.

Segundo reportado por Thomas E. C. S (2000), o Engenheiro Civil Caldas Branco, foi o primeiro a produzir traços de concreto relacionando sua dosagem em peso ou volume no Brasil, através de uma série de numerosos experimentos e ensaios laboratoriais. Utilizando corpos de prova cilíndricos de 15cm x 30cm, conforme ainda hoje são previstos na normativa brasileira. Na época o aglomerante utilizado era o Cimento Portland Comum, chamado de CPI, baseado numa mistura de gesso e clínquer, que era fabricado no Rio de Janeiro com pedras britadas de origem gnáissica e areia quartzosa Mauá. No passado os traços eram determinados de formas pouco rigorosas, geralmente não eram nem ensaiados, principalmente em obras de pequeno porte, o que trazia grande variabilidade de resistência e obras passíveis a

erros. Visando resistências desejadas Caldas Branco elaborou diversos traços na década de 1960, que foram aplicados na cidade do Rio de Janeiro e aos poucos se difundiram por todo o país.

Visto a importância do trabalho realizado Engenheiro Civil Caldas Branco, executor de vários estudos inéditos até então na área, foi condecorado com o Prêmio Ary Frederico Torres “Destaque do Ano em Tecnologia do Concreto” do Instituto Brasileiro de Concreto – IBRACON no ano de 1984, sendo este um grande reconhecimento do seu trabalho. Em suas pesquisas, foi desenvolvido cartilhas, orientações e padrões, com 12 traços que posteriormente foram organizadas em uma tabela, muito difundida até hoje na construção civil pela praticidade envolvida na produção do concreto segundo os resultados de resistência à compressão desejados.

Entretanto, essa tabela, popularmente denominada de Tabela Caldas Branco, já apresentava incompatibilidades para ser aplicada em todas as localidades do Brasil, visto as particularidades regionais que tomava, por ter sido elaborada com base nos agregados da cidade do Rio de Janeiro. Assim, em outras cidades não apresentava os mesmos resultados devido ao uso de outros tipos de agregados e demais variabilidades na produção.

Barbosa e Bastos (2008) assinalam que traços de concreto presentes nas tabelas mais antigas ainda são muito utilizados na produção de concretos em obras de porte menor, e que elas não atendem aos requisitos de qualidade das normativas atuais.

Tutikian e Helene (2011) citam alguns métodos de dosagem, cada um com suas peculiaridades, benefícios, e também dificuldades de aplicação, seja por necessidade de softwares específicos ou por conter análises complexas. Esses, considerados atuais, foram elaborados por pesquisadores de vários países conforme apresentado a seguir:

O ACI (*American Concrete Institute*) possui quatro métodos de dosagem:

1. *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete;*
2. ACI 211.2-98 (*Reapproved, 2004*) – *Standard Practice for Selecting Proportions for Structural Lightweight Concrete;*
3. ACI 211.3R-02 (*Reapproved, 2009*) – *Guide for Selecting Proportions for No-Slump Concrete;*
4. ACI 211.4R-08. *Guide for Selecting Proportions for HighStrength Concrete Using Portland Cement and Other Cementitious Materials.*

Ainda se tem o Método de De Larrard, francês pesquisador, o Método de Vitervo O’Reilly, cubano, e o método do IBRACON (Instituto Brasileiro do Concreto). Todavia, há

trabalhos feitos na Europa de dosagem de concretos e argamassas por volta do início do século XIX. (TUTIKIANE; HELENE, 2011)

Hoje, não somente tem-se a variação dos agregados do concreto, mas também a evolução dos Cimentos Portland produzidos, com padrões de qualidade muito maiores e com normas rigorosas, na época quase que inexistentes. Toda essa evolução nos aglomerantes também mudam as proporções necessárias para se obter uma mesma resistência considerada em comparação à tabela de Caldas Branco, ou outras do passado.

A cidade de Teófilo Otoni está localizada na região nordeste do Estado de Minas Gerais, com população estimada de 140.567 mil habitantes, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2014). Dentre suas atividades econômicas podemos destacar a grande quantidade de empreendimentos de engenharia e construção civil. Como se destaca como uma cidade polo, não só economicamente, mas na parte extrativa mineral, consegue produzir seus insumos e seus agregados para uso próprio e ainda supre a demanda de cidades circunvizinhas como Novo Oriente de Minas, Poté, Ladainha, Águas Formosas, Carlos Chagas entre outras.

Os agregados utilizados na região são extraídos por pedreiras locais, e apresentam dois tipos, os britados e os naturais. Como já apresentado em parágrafos anteriores, seus tipos também podem causar variações na resistência final dos concretos produzidos.

Com base nos questionamentos e informações obtidas, é possível refletir a necessidade da busca regional e a produção de novas tabelas que atendam às realidades locais da cidade de Teófilo Otoni e região na produção do concreto. Nesse contexto, o estudo feito visou a obtenção de duas tabelas para a dosagem de concreto, apresentando traços obtidos e suas resistências ensaiadas segundo prescrito em normativas brasileiras para concretos produzidos com “areia média lavada” e “areia artificial média”, ambas comercializadas na região.

2. Metodologia

2.1 Materiais

Os materiais listados abaixo foram utilizados nos procedimentos de análise, confecção dos corpos de prova, rompimento dos mesmos e demais ensaios apresentados no presente trabalho.

- Cimento C-40-RS InterCement;
- Areia artificial (Gnaise) e lavada médias;
- Brita (artificial – Gnaise);

- Betoneira CSM-145L;
- Molde metálico tronco-cônico de 30cm de altura, 10cm de diâmetro superior e 20 cm de diâmetro inferior;
- Placa metálica com base 50x50cm²;
- Bastão metálico de socamento com extremidade semiesférica de diâmetro 1,6 cm;
- Régua graduada de 30cm;
- Balança;
- Formas metálicas cilíndricas de 15x30cm para confecção dos corpos de prova;
- Prensa hidráulica elétrica digital SOLOCAP – Modelo 4HCIC, de 100 toneladas, inspecionada;
- Fôrmas para corpos de prova;

2.2 Ensaios

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) regulariza não só os materiais, mas também os procedimentos técnicos para ensaio desses materiais e de corpos de prova.

Nesse trabalho foram feitos quatro ensaios, o primeiro, de Umidade do agregado miúdo, com o intuito de melhor caracterizar os materiais utilizados nos ensaios, o que possibilita ao leitor o máximo de informações e também estabelece parâmetros para se discutir possíveis resultados que seriam obtidos posteriormente nos ensaios seguintes. Nesse intuito, seguindo a NBR7217 (ABNT, 1987) ensaiou-se a granulometria das areias a serem utilizadas, tanto a natural como a artificial.

A umidade relativa dos agregados miúdos foi calculada em porcentagem pela seguinte Equação 1 ilustrada abaixo, tanto para a areia natural, como para a artificial:

$$\text{UMIDADE} = \frac{\text{PESO UMIDO} - \text{PESO SECO}}{\text{PESO SECO}} * 100$$

Equação 1 – Umidade Relativa

O segundo ensaio, chamado de Abatimento (“*Slump test*”), descrito e detalhado pela NBR NM 67 (ABNT, 1998), foi realizado com o intuito de obter um padrão definido para a trabalhabilidade e consistência do concreto produzido para ser colocado nos corpos de prova. Dessa maneira, foi padronizado um valor médio para o abatimento, em torno de 8 +/- 2cm, ou seja, concretos que foram produzidos e que não apresentavam valores entre 6 e 10 centímetros foram descartados e novos traços e quantidades de água determinados.



Figura 1 – Teste de abatimento

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

A seguir temos na Figura 2 uma mistura que não atendeu a essa especificação e obteve um abatimento em torno de 20 cm:



Figura 2 – Concreto com abatimento em torno de 20 cm

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

A cura do concreto é um processo que recebe uma importância muito grande, pois de acordo com Bauer (2001, p.260) “a cura em água reduz de forma significativa a retração da peça na fase em que o concreto tem pouca resistência, evitando a formação de fissuras provenientes de retração, que podem comprometer a impermeabilidade do concreto”.

Outro fenômeno relacionado à cura do concreto é que a escassa hidratação do concreto permite o aumento da temperatura, já que essa é uma reação exotérmica, que tende a expulsar a água de dentro da mistura para o meio externo. Essa saída de fluido deixa caminhos que diminuem a resistência final do concreto, que se fissa com maior facilidade.

No trabalho intitulado por “Influência do Processo de Cura em Concreto Convencional”, segundo Silva *et. al.* (2012), em seis idades utilizou-se na confecção do

concreto, o cimento pozolânico CP IV - 32 RS RRAA, resistente ataques de sulfatos e à reação álcali-agregado, cuja massa específica é de 2940,00 kg/m³ e resistência a ser atingida aos 28 dias era de 32 MPa. Nesse trabalho, foi feita a comparação da resistência do concreto com a cura ao ar livre, juntamente com a cura por imersão, e foi possível observar consideráveis ganhos de resistência em corpos de prova submersos em água.

De acordo com a NBR 5738 (ABNT, 2003), os procedimentos realizados para moldagem e cura de corpos de prova, e também dois tipos de cura para eles, a cura úmida e a submersa. Todavia, em obra, visto uma série de fatores, dificilmente algum desses tipos de cura acontece. Sabe-se que nenhuma estrutura, ao ser moldada e receber o concreto nas obras de engenharia civil na superfície, permanecem submersas em água ou recebem um tratamento rigoroso de umidade a ponto de apresentarem resultados de forma que apresentados, caso haja o atendimento à norma, há uma disparidade entre os valores de resistência final obtidos em corpos de prova e as reais resistências obtidas nos canteiros de obra.

Por isso, pelo caráter experimental desse trabalho, e para uma aproximação da realidade das estruturas em concreto armado que se tem hoje na região, os corpos de prova elaborados neste trabalho não foram hidratados segundo prescrito na norma.

Após tais discussões, optou-se pela cura ao ar livre, em que os corpos de prova foram molhados com intervalos de tempo possíveis de se executar em obra (de meia em meia hora), durante horário comercial (de 7 H às 17 H, inclusive nos finais de semana). Esse também é o período de maior incidência dos raios solares, e por isso, crucial para evitar a evaporação de água dos corpos de prova, processo que compromete a hidratação do cimento e aumenta o índice de vazios no concreto, reduzindo sua resistência. Isso confere a esse trabalho uma perspectiva prática e mais fiel ao dia a dia dos empreendimentos.

No decorrer do regime de cura do concreto, a água que compõe os capilares do concreto será substituída pelos produtos da hidratação, processo cada vez mais efetivo em um ambiente próximo a saturação (BERHANE, 1984).

O ensaio à compressão seguiu as diretrizes dispostas na NBR 5739 (ABNT, 2007) sendo realizado em corpos de prova após a cura ao ar livre. Para cada traço foram confeccionados 4 corpos de prova, sendo que um foi rompido ao sétimo dia, outro ao décimo quarto dia, e os demais restantes ao vigésimo oitavo dia.

Os ensaios ainda foram feitos para dois tipos de areia característica encontrados na região, a areia média lavada (de rio), e com areia britada, ambos utilizando agregado graúdo artificial. Cada corpo de prova pronto, foi identificado com o traço, *slump*, horário de

confeção, data, e nome do moldador, para facilitar o reconhecimento e elevar o controle da qualidade dos experimentos, conforme apresentado nas figuras 3 e 4 a seguir.



Figura 3 – Corpos de prova recém-confeccionados

Fonte: Arquivo pessoal do autor

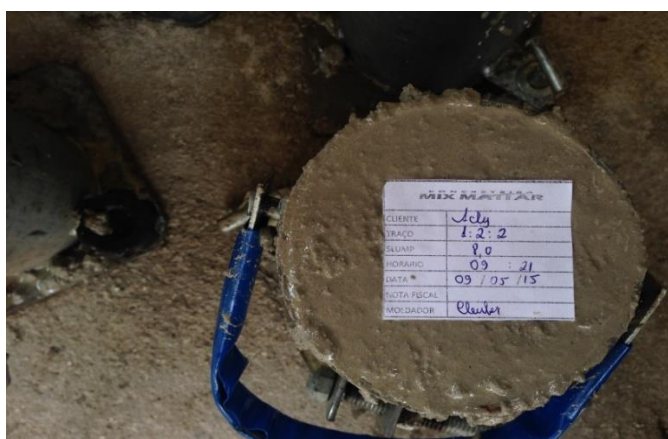


Figura 4 – Identificação no corpo de prova

Fonte: Arquivo pessoal do autor

Sequencialmente, após a ruptura dos mesmos, os resultados foram dispostos em tabelas para facilitar a visualização e posterior utilização em obras na região.

Também calculou-se o fator Água/Cimento(A/C), parâmetro importante para avaliação das proporções de aglomerante e água utilizados na mistura e que tem ligação direta com a resistência final do concreto, pois quanto maiores as quantidades do aglomerante com propriedades cimentícias, maior tende a ser a resistência final verificada.

Por fim, é importante ressaltar que o recipiente utilizado como dosador foi o mesmo para o cimento, a brita e a areia, tendo sua massa medida antes de sua utilização. A subtração do valor dado pela balança referente ao recipiente cheio com cimento pelo valor encontrado com o recipiente vazio foi o método utilizado para o conhecimento da quantidade do material aplicada em cada traço.

3. Resultados e Discussões

Nessa seção serão apresentados os resultados obtidos e os questionamentos necessários para a confecção de uma tabela que compreenda os agregados utilizados na construção civil da região de estudo, cidade de Teófilo Otoni - MG e demais cidades circunvizinhas.

Do teste de umidade temos a tabela a seguir:

Tabela 1 – Umidade relativa dos agregados

Umidade Relativa dos Agregados			
Agregado	Peso Úmido - Ph	Peso Seco - Ps	Umidade (%)
Areia Natural	200,00	189,50	5,54
Areia Artificial	200,00	181,50	10,19

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

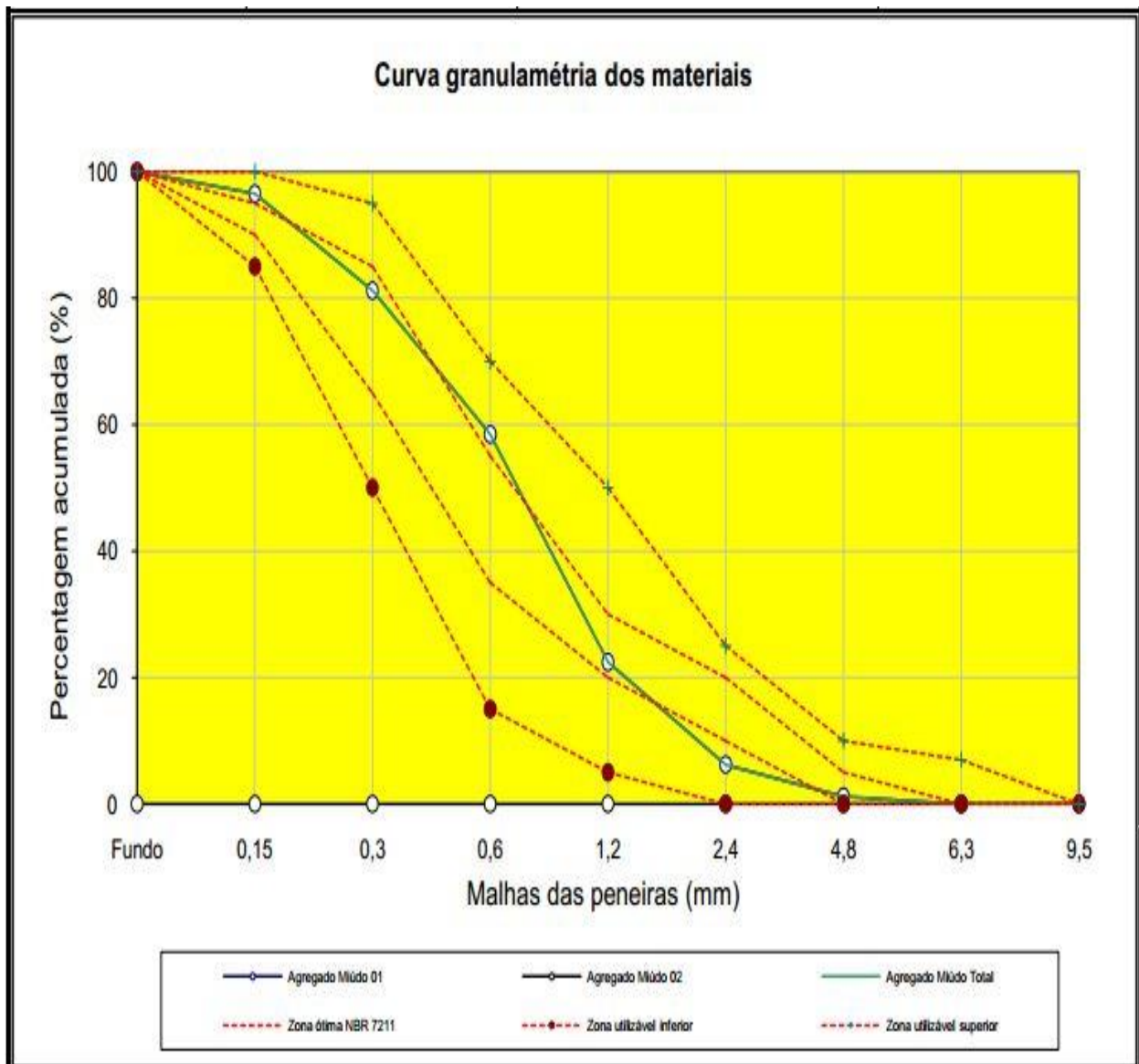
Do ensaio de Composição Granulométrica dos agregados miúdos temos as tabelas 2 e 3 e os gráficos 1 e 2 abaixo segundo a NBR7217 (ABNT, 1987):

Tabela 2 - Agregado Miúdo - Areia Média Lavada

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DOS MATERIAIS								
DATA DO ENSAIO	% de Agregado Miúdo Total			Massa inicial	Massa final			
13/05/2015	Agregado Miúdo 01		100%	1000,00	999,00			
	Agregado Miúdo 02		0%		0,00			
Peneiras (mm)	Agregado Miúdo 01			Agregado Miúdo 02			Agregado Miúdo Total	
	massa	% Retida	% Acum	massa	% Retida	% Acum	% Retida	% Acum
9,5	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0
6,3	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0
4,8	12,0	1,2	1	0,0	0,0	0	1,2	1
2,4	50,0	5,0	6	0,0	0,0	0	5,0	6
1,2	162,0	16,2	22	0,0	0,0	0	16,2	22
0,6	360,0	36,0	58	0,0	0,0	0	36,0	58
0,3	227,0	22,7	81	0,0	0,0	0	22,7	81
0,15	153,0	15,3	96	0,0	0,0	0	15,3	96
Fundo	35,0	3,5	100	0,0	0,0	0	3,5	100
Dim. Máx.	4,8 mm						4,8 mm	
M. Finura	2,66			0,00			2,66	

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Gráfico 1 - Curva Granulométrica dos materiais – Areia Média Lavada



Observações: 1. O módulo de finura da zona ótima varia de 2,20 a 2,90
2. O módulo de finura da zona utilizável inferior varia de 1,55 a 2,20
3. O módulo de finura da zona utilizável superior varia de 2,90 a 3,50

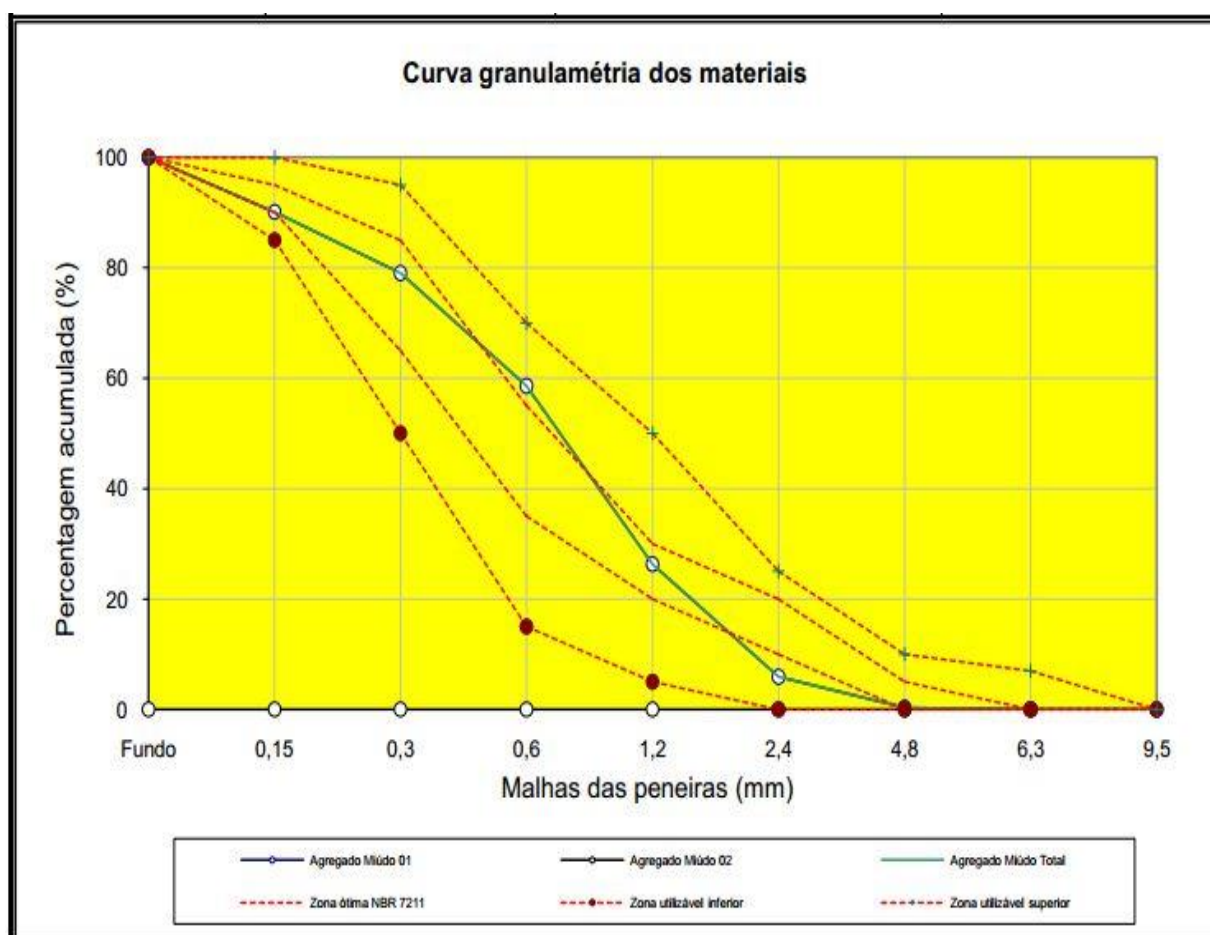
Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Tabela 3 - Agregado Miúdo - Areia Artificial

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DOS MATERIAIS									
DATA DO ENSAIO 13/05/2015	% de Agregado Miúdo Total			Massa inicial	Massa final				
	Agregado Miúdo 01			100%	1000,00	1000,00			
	Agregado Miúdo 02			0%		0,00			
Peneiras (mm)	Agregado Miúdo 01			Agregado Miúdo 02			Agregado Miúdo Total		
	massa	% Retida	% Acum	massa	% Retida	% Acum	% Retida	% Acum	
9,5	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0	
6,3	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0	0,0	0	
4,8	3,0	0,3	0	0,0	0,0	0	0,3	0	
2,4	56,0	5,6	6	0,0	0,0	0	5,6	6	
1,2	204,0	20,4	26	0,0	0,0	0	20,4	26	
0,6	323,0	32,3	59	0,0	0,0	0	32,3	59	
0,3	204,0	20,4	79	0,0	0,0	0	20,4	79	
0,15	111,0	11,1	90	0,0	0,0	0	11,1	90	
Fundo	99,0	9,9	100	0,0	0,0	0	9,9	100	
Dim. Máx.	4,8 mm						4,8 mm		
M. Finura	2,60			0,00			2,60		

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Gráfico 2 - Curva Granulométrica dos materiais – Areia artificial



Observações: 1. O módulo de finura da zona ótima varia de 2,20 a 2,90
2. O módulo de finura da zona utilizável inferior varia de 1,55 a 2,20
3. O módulo de finura da zona utilizável superior varia de 2,90 a 3,50

Fonte: Arquivo pessoal do autor

Os resultados finais de todos os ensaios foram expostos em duas tabelas com as seguintes colunas: Série, Traço, Data, Horário, Volume de Água em L, Fator A/C, *Slump* (cm) e Resistência à compressão aos 7, 14 e 28 dias. De forma resumida, foram elaboradas outras duas tabelas, já calculadas as resistências médias, que apresentassem os resultados de forma concisa, dessa forma obtiveram-se as Tabelas 4 e 5 apresentadas a seguir:

Tabela 4 – Areia artificial média

Tabela de resistência de concretos - Areia artificial média 09/05/15							
Série	Traço	Vol. Água (l)	Fator A/C	Slump (cm)	Resistências Médias (MPa)		
					7 dias	14 dias	28 dias
1	01:01:02	1,8	0,46	6,5	13,41	15,47	18,52
2	1: 1 1/2:2	1,55	0,39	6,5	21,73	24,92	33,08
3	01:02:02	1,5	0,38	8	20,32	26,17	32,70
4	1:2:21/2	1,75	0,45	6	13,48	19,14	25,85
5	01:02:03	2,21	0,56	6,5	11,11	16,67	19,60
6	1:2 1/2:3	2,4	0,61	8,5	10,56	12,30	17,80
7	01:03:03	2,3	0,59	9,5	10,04	13,55	16,65
8	01:03:04	2,3	0,59	8,5	6,79	9,36	13,40
9	01:04:04	3	0,76	6	7,53	10,94	13,00
10	01:04:05	3,2	0,82	6	4,93	7,15	9,30
11	01:05:05	3,5	0,89	6,5	3,43	4,80	6,60

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Tabela 5 – Areia lavada de rio média

Tabela de resistência de concretos - Areia lavada de rio média 10/05/15							
Série	Traço	Vol. Água (l)	Fator A/C	Slump (cm)	Resistências Médias (MPa)		
					7 dias	14 dias	28 dias
1	01:01:02	1,7	0,43	10	13,13	13,10	15,82
2	1: 1 1/2:2	1,7	0,43	6	21,17	20,15	26,20
3	01:02:02	1,9	0,48	8	16,54	19,4	24,35
4	1:2:21/2	2	0,51	7	13,56	18,26	23,66
5	01:02:03	2,2	0,56	6,5	13,15	16,83	18,40
6	1:2 1/2:3	2,2	0,56	6	11,93	16,83	16,55
7	01:03:03	2,6	0,66	8	9,87	12,03	14,05
8	01:03:04	2,9	0,74	7,5	7,86	9,08	11,90
9	01:04:04	3,6	0,92	6,5	6,54	9,05	10,45
10	01:04:05	3,9	0,99	7	4,55	6,82	7,60
11	01:05:05	4,6	1,17	8	2,95	4,06	5,35

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Um questionamento importante que pode haver é quanto a possível aplicação de aditivos, presente em praticamente todos os concretos das empresas concreteiras e que altera propriedades do concreto como, por exemplo, resistência final, trabalhabilidade, tempo de secagem, entre outras. O presente trabalho não se ateve à aplicação de aditivos por buscar um estudo geral, amplo, e que atendesse às possibilidades em obra de confecção de concretos e aos tradicionais materiais utilizados.

Contudo em ambas, a primeira série, cujo traço é 1:1:2, apresentou-se nos corpos de prova como um concreto muito poroso, “britado”, o que representou uma queda considerável na resistência média dos corpos de prova. Por este fato, esse traço foi descartado na confecção da tabela final que será exposta.

Os demais resultados atenderam ao que foi esperado, com valores de resistências médias mais próximos a realidade dos agregados utilizados e provenientes da região em estudo, não deixando de ressaltar o aspecto prático da cura dos corpos de prova, que nas obras de engenharia não acontecem como na cura prescrita nas normativas brasileiras.

A utilização de tabelas antigas e referências sem um crivo técnico a respeito da grande variabilidade passível de ser encontrada na resistência final do traço – devido ao local de extração dos agregados utilizados e tipo de aglomerante utilizado – além da não verificação de importantes passos para uma cura que possibilite a efetiva hidratação do concreto podem culminar no aparecimento de patologias nas estruturas. Por isso, apresenta-se a tabela abaixo como resumo final do trabalho, visando apresentar aos engenheiros civis da região de Teófilo Otoni os valores de resistência médios de 10 traços comumente encontrados:

Tabela 6 – Tabela Final

TABELA DE DOSAGEM DE CONCRETO COM BASE NOS AGREGADOS DA REGIÃO DE TEÓFILO OTONI – MG - (Cimento CPIII-40-RS)								
Areia lavada de rio média					Areia artificial média (Gnaisse)			
Traço em Volume	Vol. Água (l)	Fator A/C	Slump (cm)	28 dias MPa	Vol. Água (l)	Fator A/C	Slump (cm)	28 dias MPa
1: 1 1/2:2	1,7	0,43	6	26,20	1,55	0,39	6,5	33,08
1:2:2	1,9	0,48	8	24,35	1,5	0,38	8	32,70
1:2:2 1/2	2	0,51	7	23,66	1,75	0,45	6	25,85
1:2:3	2,2	0,56	6,5	18,40	2,21	0,56	6,5	19,60
1:2 1/2:3	2,2	0,56	6	16,55	2,4	0,61	8,5	17,80
1:3:3	2,6	0,66	8	14,05	2,3	0,59	9,5	16,65
1:3:4	2,9	0,74	7,5	11,90	2,3	0,59	8,5	13,40
1:4:4	3,6	0,92	6,5	10,45	3	0,76	6	13,00
1:4:5	3,9	0,99	7	7,60	3,2	0,82	6	9,30
1:5:5	4,6	1,17	8	5,35	3,5	0,89	6,5	6,60

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Em comparação, as resistências encontradas nos corpos de prova com areia britada foram maiores. Uma possível explicação pode estar associada à quantidade de matéria orgânica que é incorporada no traço. As areias lavadas de rio são materiais sedimentares e imersos em uma grande quantidade de matéria orgânica, que geralmente vem em maiores quantidades que as areias artificiais, que são provenientes da britagem de rochas, nesse trabalho Gnaisses. Além disso, outros fatores podem ser associados a esse aumento de resistência, como a variação da absorção de água por parte das partículas.

Com relação a quantidade de água aplicada, a utilização de volumes maiores no concreto produzido com agregado britado justifica-se pela grande porosidade do material. Suman e Srivastava (2015) demonstraram que utilização desse tipo de agregado reduz o valor do abatimento nos ensaios devido a maior capacidade de absorção de água em comparação à areia lavada natural.

Anil *et al.* (2015) também estudaram a utilização de areia britada no concreto e constataram boas propriedades mecânicas e a possibilidade de substituição da areia lavada, que em algumas regiões tem se tornado pouco disponível. Tanto por Anil *et al.* (2015) como pelos estudos de Anitha Selva Sofia *et al.* (2013) verifica-se que a areia britada melhora as características mecânicas do concreto quando usado juntamente com super plastificantes, elevando ainda mais as possibilidades com esse material e que já foram muito promissoras

nos ensaios realizados nessa pesquisa. Essa pode ser ainda uma solução alternativa possível para a eliminação segura de resíduos de pedra (ADANAGOUDA *et al.*, 2015).

4. Conclusão

As pesquisas no setor da construção civil se fazem necessárias como em quaisquer outras áreas do conhecimento, e ainda mais se consideradas: sua importância, aplicabilidade, novas necessidades, e ainda questões inerentes às regiões de atuação e construção de edificações, como apresentado nesse trabalho.

Pode-se concluir que a elaboração de tabela de traços e dosagem de concreto ficou dentro das expectativas, pois elucidou e trouxe um estudo sistemático, aplicável e pioneiro na região de Teófilo Otoni/MG, que avaliou aspectos muito pouco observados. Conhecer e tornar a público os agregados regionais possibilita melhores previsões de resistência e reduzem os riscos de erros e possíveis patologias em estruturas, além de gerar maiores questionamentos e descobertas que possam melhorar os métodos construtivos utilizados regionalmente.

É importante lembrar que pelo caráter experimental, a tabela de dosagem final apresentou valores de resistência à compressão obtidos de acordo com os traços pré-determinados, o que causou a falta de alguns valores de solicitação de carregamentos geralmente encontrados em projetos, como o de 20MPa por exemplo, todavia, representam uma base para ajustes nos traços e possibilitam também a confecção de estudos cada vez mais apurados.

Trazendo traços (em volume), *slump*, volume de água, fator A/C e resistência final aos 28 dias, obteve-se uma, que pode se tornar uma importante referência na produção de concretos estruturais ou não aos usuários dos materiais estudados.

Por fim, verificou-se a boa qualidade dos agregados, sobretudo os britados, encontrados na cidade de Teófilo Otoni, apresentando uma alternativa aos empreendimentos regionais do setor tanto na escolha de materiais, como também numa possível escassez de agregados naturais, tendência verificada em muitas partes do mundo.

Referências

ALBUQUERQUE, A. S.; BAUER, LAF. Agregados. **Materiais de Construção, LA Falcão Bauer. Editora LTC**, v. 5, p. 63-120, 2003.

ADANAGOUDA, Mahesh; SOMASEKHARAIHAH, Dr HM. An Experimental Study on Properties of the Concrete For Replacement of Sand By Stone Waste For Different Types of Cement with Chemical Admixture. **International Journal of Civil Engineering & Technology (IJCIET)**, v. 6, n. 2, p. 61-67, 2015.

ANITHA-SELVA, S. S. D. et al. Experimental investigation on quarry dust concrete with chemical admixture. **Int. J. Lat. Res. Sci. Technol**, v. 2, p. 91-94, 2013.

ANITHA-SELVA, S. S. D. et al. Experimental investigation on quarry dust concrete with chemical admixture. **Int. J. Lat. Res. Sci. Technol**, v. 2, p. 91-94, 2013.

ASSISSIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211: Agregados para concreto – Especificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

_____. **NBR 5732: Cimento Portland Comum**. Rio de Janeiro: ABNT, 1991.

_____. **NBR 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

_____. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto**. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

_____. **NBR 7217: Aglomerados – Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

_____. **NBR 6502: Rochas e solos**. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.

_____. **NBR NM 67: Concreto-Determinação da consistência do tronco de cone**. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

BARBOZA, M. R.; BASTOS, P. S. **Traços de concreto para obras de pequeno porte**. UNESP, Faculdade de Engenharia de Bauru, Departamento de Engenharia Civil. Bauru. São Paulo, p. 8, 2008.

BAUER, L. A. Falcão. **Materiais de Construção** v.1. 5. ed. Rio de Janeiro: LCT, 2008.

BERHANE, ZAWDE. Evaporation of Water from fresh Mortar and Concrete at Different Environmental Condition. **ACI Journal**. nov/dez, 1984. Pp 560-565.

IBGE. **Cidades:** Teófilo Otoni. Disponível em <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=316860>> . Acesso em Jun. 2015.

GIONGO, J. S. **Concreto Armado:** Introdução e propriedades dos materiais. Escola de Engenharia de São Carlos. USP. São Carlos, 2006.

PIMENTA, M. A. Concreto para obras de infraestrutura. **Revista Concreto**. Ano XXXVII. n 53. IBRACON: São Paulo, fev. 2009.

RIBEIRO, R. R. J. et al . A survey of the mechanical properties of concrete for structural purposes prepared on construction sites. **Rev. IBRACON Estrut. Mater.**, São Paulo , v. 9, n. 5, p. 722-744, Oct. 2016 .

SILVA, A. V. HUGO, A. A. et al. Influência do processo de cura em concreto convencional em seis idades. In: **VII CONNEPI-Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação**. 2012.

SUMAN, B. K.; SRIVASTAVA, V. Utilization of Stone Dust as Fine Aggregate Replacement in Concrete. In: **Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST)**. ISSN: 3159-0040 Vol. 2 Issue 4, April – 2015.

THOMAZ, E. C. S. **Desempenho do concreto geopolimérico**. 2000. Tese de Doutorado. MS thesis, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, Brasil.

TUTIKIAN, B. F.; HELENE, P. Dosagem dos Concretos de Cimento Portland. In: **Concreto: Ciência e Tecnologia**. IBRACON: São Paulo, 2011.