

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SERGIPE

CAMPUS ARACAJU

DEPARTAMENTO DE DESENVOLVIMENTO DE ENSINO

COORDENADORIA DE ENGENHARIA CIVIL

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

ÍTALO RAMON CARVALHO DE MENEZES

**AVALIAÇÃO DE ALGUNS MÉTODOS DE DOSAGEM PARA CONCRETOS
CONVENCIONAIS QUANDO UTILIZADOS OS MATERIAIS COMERCIALIZADOS
NO ESTADO DE SERGIPE**

MONOGRAFIA

**ARACAJU
2017**

ÍTALO RAMON CARVALHO DE MENEZES

**AVALIAÇÃO DE ALGUNS MÉTODOS DE DOSAGEM PARA CONCRETOS
CONVENCIONAIS QUANDO UTILIZADOS OS MATERIAIS COMERCIALIZADOS
NO ESTADO DE SERGIPE**

Monografia apresentada como requisito parcial
à obtenção do título de Bacharel, da
Coordenação do Curso de Engenharia Civil, do
Instituto Federal de Sergipe – Campus Aracaju.

Orientador: Prof. Carla Cristina Nascimento

**ARACAJU
2017**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SERGIPE
CAMPUS ARACAJU**

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

TERMO DE APROVAÇÃO

Avaliação de alguns métodos de dosagem para concretos convencionais quando utilizados os materiais comercializados no estado de Sergipe

ÍTALO RAMON CARVALHO DE MENEZES

Esta monografia foi apresentada às xx horas do dia 19 de junho de 2017 como requisito parcial para a obtenção do título de BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof(a). Título Nome do(a) avaliador(a)
(Instituição)

Prof(a). Título Nome do(a) avaliador(a)
(Instituição)

Prof(a). Título Nome do(a) orientador(a)
(Instituição)
Orientador(a)

Prof(a). Título Nome do(a) orientador(a)
(IFS – Campus Aracaju)
Coordenador(a) da COEC

AGRADECIMENTOS

Quando o momento de agradecer aproxima-se, corre-se o risco de não citar nomes de pessoas que de alguma forma contribuíram para que esse dia se tornasse possível, direta ou indiretamente. Assim, decerto que estes parágrafos não seriam suficientes para atender a todas essas pessoas que fizeram parte de toda trajetória, aos que os nomes não constem aqui, espero poder me desculpar.

Contudo, é um dever e um prazer inexplicável, que nos concerne primeiramente a Deus pela dadiva da vida e a capacidade de tornar esse sonho realidade.

Assim, agradeço aos meus pais, Mércia e Nilton (mainha e painho), por todo amor, carinho, paciência e cuidado para comigo, eles são a razão de tudo, o combustível que me faz ir além, amo vocês, incondicionalmente.

A meus irmãos, Rafael, Gabriel e Anna Gabriela, por acreditarem em mim e que eu poderia ir além, também amo vocês.

A toda minha família pela confiança, apoio, amor e suporte. Em especial para meus avós maternos, Lourdes e Dedé, as quais meu amor por eles é algo que transcende qualquer entendimento, e aos meus avós paternos que embora não participaram de forma direta por não estarem mais entre nós, foram cruciais em meu desenvolvimento como pessoa e indiretamente fazem parte dessa conquista.

Aos meus tios e tias: Alda Mirian e Andrade, Valdeci e Adagilson, Vania e Maruilson, Albomere e Tio Zé, Alice e Aristeu, as minhas tias emprestadas Lila, Stela, Elaine e Elenildes, cada um de vocês sabem o amor que eu carrego no peito e o quanto significam para mim.

Aos meus primos e primas: Leila, Amanda, Gleica, Micaele, Tainara, Paula, Thais e Anderson, Jamile e maiara. Foi com vocês que eu deleitei os melhores momentos de minha vida, é um carinho indescritível, de cuidado, de companheirismo e irmandade, não dá para transcrever aqui tanto sentimento, amo vocês.

Aos irmãos que a vida me deu: Camila, Júnior, Guto, Amaury, Luana, Anselmo, Jessica, Lucrécia, Laisinha, Luana de Capenga, Macielly. Há coisas na vida que são inexplicáveis, impagáveis, devo a vocês as melhores histórias, as risadas mais

gostosas, os sonhos compartilhados, obrigado por tudo, vocês significam muito para mim.

Aos amigos que de alguma maneira se fizeram presentes ou compartilharam de alguma forma direta ou indiretamente para que esse dia fosse possível: Thaysa, Thayna, Igor, Carol preta, Ariana, Ray, Bruno, Luis Henrique, Caio, Italo, shanon, Hanna, Rayline, Toninho, Sergio, Thanmires, Bruno, Rafaela, Luanda, And, Tony, Luís, Júlio, Andreolli, Indyla, Bruna, Milena, Jean, Samantha, Daniel e Duda.

E aqueles amigos que de forma mais contundente fizeram o diferencial para que esse dia se tornasse possível e a esses quero citar discriminadamente:

Wendel Andrade, saiba que você tem luz própria, pessoa incrível, daqueles que te roubam o sorriso em meio as dificuldades. Obrigado pelo apoio e sobretudo pela amizade incontestável.

Ísau Guilherme, sabe aquele ditado “ existem amigos que são mais chegados que irmãos”, pois bem, é assim que me sinto em relação a você. Desde o início dessa jornada você foi uma das pessoas mais presentes, senão o mais. Muitos anos de luta, batalhas, alegrias, sofrimento, e muitas boas histórias para contar. Você é aquele cara que tem o dom de me irritar, mas que como dito anteriormente, irmãos tem um pouco disso mesmo. Obrigado pela amizade, pelos conselhos, sei do seu coração e tenho a honra de poder te chamar de amigo.

Sara, se existisse uma maneira de transcrever palavras e enumera-las em escalas de bons sentimentos, certamente todas as que eu pudesse me referir a você se estenderiam ao infinito. Você foi meu braço esquerdo e direito, alguém que acreditava em mim até mesmo quando eu já não acreditava. Te admiro muito pela pessoa integra, amiga, meio irritada as vezes (risos), mas de um coração imensurável. Obrigado por tudo, melhor parceria dos trabalhos, melhores risadas, a você toda minha gratidão.

Ao meu amigo Felipe Cerutti, pessoa fantástica e que participou ativamente da construção desse sonho. Sei que um dia poderei agradecer pessoalmente lá no céu, junto ao nosso amado pai e Criador.

Agradeço a minha orientadora Prof. Dr. Carla Cristina, pela sabedoria, pelos momentos de descontração e tentativa de me acalmar dizendo que tudo ia dá certo, não poderia ter escolhido melhor profissional para me orientar nesse trabalho.

Agradeço também aos técnicos Ciro Leonel e Valdenir Quirino pelo suporte e por sempre serem solícitos quando necessitei.

Só existe uma coisa melhor que fazer novos amigos: conservar os velhos.

Elmer Letterman

RESUMO

MENEZES, Ítalo Ramon Carvalho. **Avaliação de alguns métodos de dosagem para concretos convencionais quando utilizados os materiais comercializados no estado de Sergipe**. 62 folhas. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – Campus Aracaju. 2017.

O objetivo principal deste trabalho foi avaliar três métodos de dosagem para concretos convencionais, verificando qual se adequaria melhor aos materiais disponíveis na região. Para tanto, definiu-se como variáveis dependentes: Abatimento do tronco de cone, Velocidade de Abatimento, Massa específica no estado endurecido, Resistência à compressão axial e à tração por compressão diametral, além dos resultados dos seguintes parâmetros de mistura: Teor de Argamassa Seca (α %), Relação água/materiais secos (H%), m (proporção de agregados), Consumo de cimento (C), relação água/cimento (a/c), tendo-se utilizado como métodos de dosagens: o do IPT, INT e ABCP. Depois de analisar os resultados deste trabalho, notou-se que os três métodos demandaram uma quantidade significativa de consumo de cimento – considerando os materiais comercializados na região – caso se deseje dosar concretos para resistências correntes de mercado. No entanto, entende-se que o método do IPT seria o mais adequado para se dosar com os materiais comercializados no estado, já que, durante o ajuste dos concretos, é levado em consideração as características dos materiais de forma prática. Além disso, tal método seria mais fácil de ajustar caso haja necessidade de incorporação de aditivos e adições. Em relação às variáveis mensuradas, os concretos apresentaram, no geral, boa trabalhabilidade, resistências dentro do especificado, e parâmetros de mistura diferentes entre si, muito em função dos consumos finais de cimento.

Palavras-chave: Métodos. Dosagem. Concretos. Proporção.

ABSTRACT

Menezes, Ítalo Ramon Carvalho. **Evaluation of some dosing methods for conventional concretes when using materials commercialized in the state of Sergipe** 62 folhas. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – Campus Aracaju. 2017.

The main objective of this work was to evaluate among three dosing methods for conventional concretes, which would be better suited to the materials available in the region. For this purpose, we defined as dependent variables: Cone truncation, Hopping speed, Specific mass in the hardened state, Compressive strength and diametral compression traction, in addition to the results of the following mixing parameters: Dry mortar content ((%), Water / dry materials percentage (H%), m (proportion of aggregates), Cement consumption (C), water / cement ratio (a / c) and dosing methods: IPT, INT and ABCP. After analyzing the results of this work, it was noticed that all three methods required a significant amount of cement consumption - considering the materials commercialized in the region - if concrete dosage is desired for current market resistances. However, it is understood that the IPT method would be the most suitable for dosing with the materials marketed in the state, since, during the adjustment of the concretes, the characteristics of the materials are taken into account in a practical way. In addition, such a method would be easier to adjust if incorporation of additives and additions is required. In relation to the measured variables, the concretes presented, in general, good workability, resistances within the specified, and mixing parameters different from each other, much in function of the final consumptions of cement.

Keywords: Methods. Dosage. Concrete. Proportion. Cement .

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fluxograma das variáveis estudadas.....	31
Figura 2 - Gráfico para a determinação da relação água/cimento em função da resistência do concreto aos 28 dias (Rodrigues, 1998)	41
Figura 3 - Diagrama de dosagem dos concretos de cimento portland	43
Figura 4 - Gráfico para determinar A/C de maneira aproximada levando-se em conta o tipo de cimento Portland utilizado.....	47
Figura 5 - Ábaco referente ao método IPT final com resistência para 36 Mpa. 50	
Fotografia 1 - Ensaio de massa específica pelo método de Chapman.....	33
Fotografia 2 - Ensaio de granulometria do agregado miúdo	33
Fotografia 3 - Abatimento do tronco de cone pelo método IPT	36
Fotografia 4 - Abatimento do tronco de cone pelo método INT	36
Fotografia 5 - Abatimento do tronco de cone pelo método ABCP	36
Fotografia 6 - Moldagem dos corpos de provas	38
Fotografia 7 - Cura dos corpos de provas	38
Fotografia 8 - Rompimento de corpo de prova a compressão	39
Fotografia 9 - Tração por compressão diametral.....	39

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Curva granulométrica do agregado miúdo.....	33
Gráfico 2 – Relação do teor de argamassa seca versus método de dosagem	51
Gráfico 3 - Relação água/materiais secos H (%) versus método de dosagem	52
Gráfico 4 - Relação consumo de cimento (C) versus método de dosagem	52
Gráfico 5 - Relação água/cimento (A/C) versus método de dosagem.....	53
Gráfico 6 - Relação agregado/cimento (m) versus método de dosagem	54
Gráfico 7 - Relação do abatimento do tronco do cone versus método de dosagem	55
Gráfico 8 - Relação da velocidade do abatimento versus método de dosagem	55
Gráfico 9 - Relação da resistência a compressão versus método de dosagem	56
Gráfico 10 - Relação da resistência a tração por compressão diametral versus método de dosagem	57
Gráfico 11 - Correlação consumo de cimento (C) versus agregado/cimento (m)	58
Gráfico 12 - Correlação abatimento do tronco do cone versus consumo de cimento (C).....	58
Gráfico 13 - Correlação abatimento do tronco do cone versus consumo de cimento (C).....	59
Gráfico 14 - Correlação velocidade de abatimento versus consumo de cimento (C)	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultado dos ensaios físicos do agregado miúdo	32
Tabela 2 - Resultados do ensaio de massa específica do agregado graúdo (g/cm ³).....	34
Tabela 3 - Resultado do ensaio de massa unitária do agregado graúdo (kg/cm ³)	34
Tabela 4 - Resultados da caracterização do cimento Nacional.....	34
Tabela 5 - Valores de abatimento recomendados em função do tipo de obra .	40
Tabela 6 - quantidades de água de amassamento de concreto em função do abatimento e dimensão máxima característica do agregado	40
Tabela 7 - Volume compactado seco (Vcs) de agregado graúdo por m ³ de concreto, função do módulo de finura da areia e da Dimensão máx. Car (Dmc) do agregado graúdo	41
Tabela 9 - Critérios para determinação dos valores de S _d	46
Tabela 10 – Determinação da relação a/c em função do dimensão máxima do agregado	47
Tabela 12 - Resultados das variáveis dependentes.....	50

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	16
2.1. OBJETIVO GERAL	16
2.2. OBJETIVO ESPECIFICO	16
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1. MÉTODO DE DOSAGEM DE CONCRETO ABCP/API	17
3.1.1. Histórico e Descrição do Método	17
3.1.2. Etapas do Método	17
3.1.3. Prosseguimento do Método	18
3.2. MÉTODOS DE DOSAGEM DE CONCRETO EPUSP/IPT	20
3.3. MÉTODO DE DOSAGEM DE CONCRETO ITES/ELÁDIO PETRUCCI	24
3.3.1. Histórico do Método	24
3.3.2. Descrição do Método	25
3.3.3. Desenvolvimento do Método	26
3.4. DOSAGEM EXPERIMENTAL DO CONCRETO – MÉTODO INT	27
3.4.1. Histórico do Método	27
3.4.2. Descrição do método	28
4. METODOLOGIA	30
4.1. MATERIAIS	31
4.1.1. Agregados miúdos	32
4.1.2. Agregados Graúdos	33
4.1.3. Cimento	34
4.1.4. Água	35
4.2. MÉTODOS UTILIZADOS NOS ENSAIOS	35
4.2.1. Determinação da Consistência pelo Abatimento do tronco de cone (Slump Test)	35
4.2.2. Velocidade de Abatimento	37
4.2.3. Moldagem e Cura dos corpos de provas	37
4.2.4. Resistência à compressão e a tração	39
4.3. METODOLOGIA DOS MÉTODOS DE DOSAGEM	39

4.3.1. Método ABCP	39
4.3.2. Metodologia do EPUSP/IPT.....	42
4.3.2.1. Concepção dos traços auxiliares	44
4.3.3. Metodologia do método INT.....	45
4.3.3.1. Determinação da relação água/cimento (A/C).....	46
4.3.3.2. Escolha da relação água/ mistura seca.....	47
4.3.3.3. Determinação da proporção agregado/cimento.....	48
4.3.3.4. Diferentes tipos de agregados e a determinação em primeira aproximação das proporções por tentativas.....	48
4.3.3.5. Determinação do consumo de cimento por m ³ de concreto	48
5. RESULTADOS.....	50
6. CONCLUSÃO	61
BIBLIOGRAFIA	62

1. INTRODUÇÃO

A dosagem de concretos é realizada através de determinados métodos que permitem alcançar a melhor proporção entre os agregados, cimento e água, conhecido comumente como traço ou proporção de materiais. No Brasil ainda não houve um consenso de quais métodos seriam os mais adequados, considerando os agregados e aglomerante disponíveis em determinada região, o que levou vários pesquisadores a proporem há alguns anos seus próprios métodos de dosagem para concretos convencionais. Assim aconteceu com o método de dosagem IPT/EPUSP (Instituto de Pesquisas Tecnológicas e Escola de Engenharia da USP) – inicialmente proposto por Ary Frederico Torres, Simão Prizskulnik e Carlos Tango – com o método de dosagem da ABCP, proposto inicialmente por Ary Torres e Carlos Rosman, mas que, no entanto, atualmente é adotada uma adaptação do método americano do ACI, além do método de dosagem INT (Instituto nacional de Tecnologia), proposto por Luiz Lobo Carneiro, entre outros conhecidos e utilizados no Brasil.

Uma dosagem em si visa obter não apenas a mistura ideal de seus componentes, mas também a mais econômica, numa determinada região e com os materiais disponíveis, para atender a uma série de requisitos. As metodologias de dosagem de alguns métodos apresentam algumas disparidades, visto que alguns deles usam de tabelas e ábacos que apresentam características de agregados e aglomerantes que não abrangem todo território nacional, remetendo questionamentos sobre sua eficácia. Por conseguinte, faz-se necessário uma análise mais detalhada de qual método mais se adapta às condições requeridas no estado de Sergipe.

Como as regiões foram premissas necessárias a serem levadas em consideração nos estudos de dosagem, visto que cada região possui materiais com características físicas, físico-químicas, de formato de grãos, morfoescopia, de petrografia, geológicas, etc, e que esses métodos foram concebidos em análise de estudo e caracterizados em sua concepção a uma determinada região com agregados com características geológicas e mineralógicas próprias, é importante, senão necessário, através dessas análises experimentais, descobrir o melhor método para a região a qual se deseja empregar, para garantir então

melhor proporção ideal entre esses componentes e melhor característica do concreto no estado fresco e endurecido.

2. OBJETIVOS

2.1.OBJETIVO GERAL

Avaliar qual método de dosagem, dentre os estudados, melhor se adequa aos materiais comercializados no estado de Sergipe.

2.2. OBJETIVO ESPECIFICO

- Analisar as propriedades no estado fresco dos concretos obtidos;
- Avaliar as propriedades no estado endurecido dos concretos obtidos;
- Comparar os diversos parâmetros de mistura dos concretos dosados com os diversos métodos.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. MÉTODO DE DOSAGEM DE CONCRETO ABCP/API

3.1.1. Histórico e Descrição do Método

O método da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland) foi publicado na década de 80 por meio de estudo técnico experimental (ET-67) sendo uma adaptação do método americano proposto pela Norma ACI 211.1-81 (Standart Practice for Selecting Proportion for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete - 1985).

Esse método permite a utilização de agregados graúdos britados e areia de rio que se enquadram nos limites propostos pela norma NBR 7211/2009 agregados para concreto, da Associação Brasileira de Normas Técnicas. A ideia é utilizar o método para se definir um traço base. Um conceito fundamental abordado pelo método indica que, para cada granulometria de areia e cada tamanho máximo do agregado graúdo, há um valor máximo do volume do agregado compactado seco por m³ de concreto. O método exige domínio de conhecimento das seguintes premissas:

- Analise granulométrica e massa específica dos agregados;
- Dimensão máxima característica do agregado;
- Tipo, massa específica e nível de resistência aos 28 dias do cimento;
- Consistência desejada do concreto fresco;
- Resistência de dosagem do concreto exigida a uma determinada idade.

3.1.2. Etapas do Método

- Fixar a relação água/cimento (requer conhecimento do tipo de cimento utilizado e a resistência de dosagem requerida);
- Determinar o consumo aproximado de água do concreto;

- Determinar o consumo de cimento – o consumo de cimento é a relação entre o consumo de água e a relação água/cimento;
- Determinar o consumo de agregados.

3.1.3. Prosseguimento do Método

A norma NBR NM 67 determina a consistência do concreto pelo abatimento do tronco de cone, sendo essa a primeira premissa a se realizar para determinação da consistência mais adequada de trabalho para o concreto fresco. Segundo (Aldo J. Boggio, 2000) esse processo pode ser definido em 3 etapas, sendo a 1ª etapa a fixação dessa consistência, que por sua vez fica condicionada, no método, ao tipo de peça estrutural a ser concretada e aos processos de lançamento empregados. Sendo então os valores de abatimento tabelados.

A segunda etapa do processo compreende o tipo e as dimensões das peças estruturais em função das distâncias entre as barras da armadura, de acordo com a norma NBR 6118 (ABNT, 2004) – projeto de execução de obras de concreto armado - em respeito à dimensão máxima característica do agregado graúdo, conforme as particularidades dos materiais economicamente disponíveis e a necessidade de menor volume de vazios.

Na terceira etapa, em função da dimensão máxima característica dos agregados e do abatimento solicitado (entre 40 e 100 mm), são fornecidos em tabela as proporções de água de amassamento aproximadas para a mistura preparadas com agregado graúdo britados de granito, agregados miúdos, constituídos por areia de rio não muito finas, e consumo de cimento em torno de 300 kg/m³ de concreto.

No decorrer das etapas em função das necessidades de resistência e das condições de exposição do concreto, tanto o método original ACI como a versão do ABCP recomendam como forma mais precisa a relação água/cimento pela curva de Abrams. No entanto quando não for possível utilizar essas curvas ou dispor de informações de confiabilidade sobre as resistências obtidas com o cimento e os materiais usados pode-se então definir essa relação de forma

aproximada através das curva de Walz desenvolvidas no departamento de cimento e concreto (DECIM) da ABCP (BUCHER 1989), estas curvas foram determinadas por meio de traços de concreto por processos experimentais gerados com diferentes marcas de cimento, tipos e classes (se a classe do cimento não é conhecida adota-se a classe 25 que é a mínima especificada para cimentos nacionais) e com agregado graúdo britado de origem granítica e agregado miúdo constituído por areia de rio. A utilização da curva de Walz é fundamentada por meio de uma correlação entre a resistência do concreto, a qual deve estar compreendida na faixa entre 10 e 40 mpa, e a resistência do cimento, aos 28 dias (a relação água/cimento utilizando essa curva aproximada, compreende-se entre 0,45 a 0,80). Outra determinante da relação agua/cimento se refere a durabilidade uma vez que a baixa relação A/C diminui a porosidade e a permeabilidade da pasta contribuindo para um melhor desempenho quanto sua durabilidade (Aldo J. Boggio,2000).

O método adverte sobre a necessidade que os equipamentos usados em laboratório se assemelhem aos usados em obra para que não haja significativa diferença nas condições de trabalhabilidade das misturas obtidas em um e outro caso. Recomenda-se também que a água de amassamento não seja colocada de uma só vez, mas de forma gradativa, verificando a consistência desejada através do ensaio de abatimento do tronco de cone.

Quando a quantidade de água for maior que a quantidade necessária do traço, caberá duas possibilidades: A primeira alternativa sugerida pela ACI - 211/81, seria manter as quantidades e proporções de cimento, areia e brita e adotar uma relação água/cimento menor, às custas de um maior consumo de cimento; a segunda alternativa, mais viável economicamente, consiste em colocar toda água do traço, e acrescentar na mistura, quantidades de areia e brita, de maneira a manter a relação água/cimento e o teor de argamassa do traço inicialmente determinado pelo método.

Segundo ainda algumas considerações feitas por Aldo J. Buggio (2000), o método ABCP é considerado como um método essencialmente empírico, visto que é baseado em quadros e tabelas, de valores médios, que proporcionam um roteiro simples e fácil de entender num seguimento de passos que usa um único sentido e evitam a entrada de processos interativos ou tentativos. Assim, o

método fornece estimativas próprias para as quantidades de água de amassamento (dependentes apenas da dimensão máxima característica do agregado total ou se for o caso da quantidade de ar incorporado) e valores médios de resistência para as diversas relações água/cimento. Considerando-se que, dada a grande variedade e variabilidade dos tipos de cimentos e dos agregados disponíveis nas diferentes regiões do Brasil, resulta dificuldade em aceitar o uso indiscriminado das curvas de valores médios da resistência do concreto (função apenas da relação água/cimento) apresentadas pelo método.

E ainda que Rodrigues, (1990) afirme que o método ABCP/ACI procura fornecer misturas plásticas com baixos teores de areia e menos consumos de pasta, possibilitando a obtenção de traços mais econômicos e ajustes mais simplificados, já que parece mais fácil reconhecer e corrigir misturas com menor quantidade de argamassa do que misturas argamassadas em excesso, (Bernardo F. Tutikian e Paulo Helene) reiteram que os valores a partir dos quais é realizado o proporcionamento dos materiais são todos tabelados e essas tabelas não compreendem de todos os tipos de materiais existentes. No caso da resistência a compressão obtida ser diferente da esperada ser necessário que se faça uma nova dosagem, a fim de se corrigir a relação água/cimento, e um novo acerto de trabalhabilidade com novo teor de argamassa.

E por último, segundo Aldo J. Boggio encontram-se limitações do método quanto a sua adequação para o uso de aditivos superplastificantes e plastificantes, visto que a tabela da ABCP que fornece as quantidades de água aproximadas para obter o abatimento, em atribuição máxima característica do agregado, esta elaborada para concretos sem aditivos.

3.2. MÉTODOS DE DOSAGEM DE CONCRETO EPUSP/IPT

De acordo com Aldo J. Boggio (2000), o método intitulado EPUSP/IPT constitui-se numa atualização e generalização feita na escola politécnica da USP a partir do método de desenvolvimento inicialmente no IPT – Instituto de Pesquisas tecnológicas do estado de São Paulo.

Segundo Petrucci (1995) a principal característica desse método é a de empregar os agregados disponíveis em obras, sem o conhecimento prévio da sua composição granulométrica. Deve-se levar em conta o conhecimento dos outros materiais que compõem o concreto, ou seja, verificar as características físicas desses materiais, pois os mesmos influenciam na dosagem do concreto. O método IPT/EPUSP avalia os seguintes fatores:

- Resistência característica do concreto aos 28 dias (f_{ck});
- Consistência do concreto;
- Obtenção da relação água/cimento (considerado como fator mais importante para concretos estruturais).
- Diâmetro máximo dos agregados;
- Consistência do concreto;
- Obter as proporções de areia e pedra britada para cada unidade de cimento.

Entende-se que a melhor proporção entre os agregados disponíveis é aquela que consome a menor quantidade de água para obter um dado abatimento requerido e faz-se isso levando em conta a interferência do aglomerante (cimento + adição) na proporção total dos materiais. Por conseguinte, não se trata de obter a máxima compacidade do esqueleto granular, mas sim de obter o mínimo consumo de água para uma requerida consistência, o que vai resultar na máxima resistência a compressão daquele concreto (Bernardo F. Tutikian e Paulo Helene).

O método propõe a construção de um diagrama de dosagem, para que de forma ampla possa resolver os problemas dos proporcionamentos dos concretos com características de acabamento, trabalhabilidade e resistência preestabelecida. Esse diagrama determina como resultado um gráfico sobre três quadrantes onde são representadas “leis de comportamento” que correlacionam a resistência a compressão (f_c) a relação água/cimento (a/c), a relação agregado/cimento (m) e o consumo de cimento por m^3 de concreto (C), as quais também são expressas pelas leis apresentadas a seguir:

- **Lei de Abrams** – Estabelecida em função do tipo de cimento, experimentalmente, sem considerar a influência do agregado;

$$f_{cj} = \frac{k_1}{k_2^{a/c}}$$

Onde:

f_{cj} - Resistência a compressão axial em Mpa, à idade de j dias;

a/c - Relação água/cimento, em massa (kg/kg);

k - Depende exclusivamente dos materiais empregados.

- **Lei de Inge Lyse** - Para um certo conjunto de materiais, mantida a consistência do concreto medida pelo ensaio de abatimento do tronco de cone, o traço M é diretamente proporcional a relação a/c segundo a equação:

$$M = k_3 + k_4 \times a/c$$

Onde:

a/c - Relação água/cimento

k_i - Depende exclusivamente dos materiais empregados

- **Lei de Molinari** – O consumo de cimento de um concreto correlaciona-se com o valor do traço seco m através de uma curva, dada a equação:

$$C = \frac{1000}{k_5 + k_6 \times m}$$

Onde:

C - Consumo de cimento por metro cubico de concreto (kg/m^3);

m - Relação agregados secos/cimento em massa kg/kg ;

k_i - Depende exclusivamente dos materiais empregados

Segundo (Helene e Tarzian apud Aldo J. Buggio) o método propõem a fixação de um traço inicial 1:5 (cimento: agregado total em massa) que possibilitará, ao ser misturado na betoneira, obter as informações necessárias (teor de argamassa adequado e demanda de água) para a confecção de dois traços complementares, um mais rico em cimento 1:3,5 e outro mais pobre 1:6,5, cujos dados servirão para a construção do diagrama de dosagem.

O método da EPUSP/IPT é um método sobretudo experimental que demanda inicialmente poucas informações quanto as características dos agregados e pode ser confeccionado em um laboratório de campo, montado com o mínimo de equipamentos especiais.

Embora , a fundamentação teórica do método de dosagem da EPUSP/IPT seja simples e não examine de forma aprofundada a busca de possíveis composições ideais dos materiais constituintes , a aplicação pratica do mesmo, com procedimentos laboratoriais e equipamentos relativamente simples e com custos operacionais relativamente baixos, procura a construção de um diagrama de dosagem que possibilite uma análise rápida e objetiva dos traços , que , não sendo as ótimas, resultam em adequadas , do ponto de vista técnico e econômico (Aldo J. Buggio, 2000).

Buggio (2000) ainda ressalta a importância de uma antecipação do ajuste do traço adotado inicialmente, no que se diz respeito a uma preparação antecipada das quantidades de cimento e areia que devem ser adicionadas, para conseguir os teores de argamassa a crescentes, pois até se conseguir obter um teor de argamassa ideal e abatimento requerido, podem levar um processo de ajuste demorado, que por conseguinte ocasionaria perdas de água por diferentes

efeitos, como a evaporação da água pelo ambiente do laboratório, perda da água de amassamento pela absorção dos grãos de cimento ou até mesmo por parte dos agregados não saturados completamente.

Todavia, constata-se para uso do método EPUSP/IPT a não necessidade de ensaios preliminares de composição granulométrica dos agregados e da massa específica dos materiais. E através disso a obtenção de um diagrama de dosagem que serve para qualquer resistência desejada ao nível dos concretos convencionais, não sendo necessário fazer novas misturas para o acerto da dosagem, além de rápido e prático de fazer, desde que o tecnologista tenha experiência com dosagem.

3.3.MÉTODO DE DOSAGEM DE CONCRETO ITES/ELÁDIO PETRUCCI

3.3.1. Histórico do Método

O método do Iters (Instituto Tecnológico do Estado do Rio Grande do Sul, atualmente CIENTEC, Fundação de Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul), seu desenvolvimento iniciou-se a partir de 1951 pelo Prof. Petrucci, devido a insucessos e dificuldades dos procedimentos de dosagem aos métodos existentes aquela época, no estado do Rio Grande do Sul. (Petrucci - ABCP, 1965)

A existência de muitas marcas de cimento, bem como a utilização indiscriminada de agregado gráúdo, de seixo rolado e de pedra britada, esta ultima quer de granito, quer de diabasio, aliada a variação granulométrica das areias existentes no Estado com módulos de finura variando entre 1,50 e 3,50 fizeram que não pudessem ser aplicados em sua totalidade, quer os métodos originais, quer as adaptações já feitas no Brasil em outros centros mais adiantados.

3.3.2. Descrição do Método

Inicialmente o método de Petrucci consiste na determinação da proporção ótima da areia a qual corelacione-se ao total de agregado e a relação H entre a quantidade de água de mistura e a quantidade total de materiais secos. Notamos que a massa total de água da mistura sobre massa total de cimento + agregados pode ser expressa em função da relação água/cimento (x) através da seguinte expressão:

$$H(\%) = \left[\frac{x}{(1 + m)} \right] \times 100$$

Esses dados são pilotos e devem ser parametros para fixar uma trabalhabilidade adequada as condições de obra e uma relação $m = \text{massa total do agregado} / \text{massa de cimento}$, da mistura, que deve ser um valor proximo ao do traço procurado.

Para que o concreto se adeque aos tipos de peças a serem concretadas, inclusive quanto ao transporte, lançamento, adensamento, é necessario que no estado fresco possua trabalhabilidade, o que pode ser avaliada de forma parcial

pelo ensaio de remoldagem de Powers, ou, com uma menor precisão, através do abatimento de tronco de cone de Abrams.

Se pelo ensaio de Powers, poderá ser efetuado de duas formas, afim de que se compreenda melhor o comportamento do concreto em estado fresco correlacionado ao tipo de adensamento empregado. Caso na obra o adensamento seja feito de forma manual, é adequado que se use a versão original do ensaio com o aparelho de Powers montado sobre uma mesa de consistência.

Através do ensaio de remoldagem de Powers é expresso o índice de remoldagem obtido através do número de golpes necessários para que o concreto passe da forma tronco-cônica do molde Abrams à forma cilíndrica característica do aparelho padrão, (equipamento normalizado pela ASTM C 124-39) (PETRUCCI, 1995). Sendo o adensamento do concreto através de vibração mecânica, a trabalhabilidade da mistura poderá ser avaliada através do aparelho de Powers montado sobre uma mesa vibratória elétrica (aparelho de remoldagem de Powers modificado por Wuerpel) (SOBRAL, 1990).

Na determinação da proporção ótima areia/agregado graúdo (a/m) e do teor água/materiais secos (H), que permita a trabalhabilidade desejada levando em consideração a granulometria dos agregados, das condições superficiais e formas dos grãos. Todavia quando não é encontrando material adequado do ponto de vista granulométrico, Petrucci sugere que a mistura seja corrigida adequadamente de 2 ou 3 materiais locais. Dessa forma, quando se tem vários agregados é sucinto que se faça uma mistura previa dos materiais para reduzi-los a um graúdo e a um miúdo, alocando de forma representativa os materiais que serão empregados na obra.

3.3.3. Desenvolvimento do Método

Para determinação da porcentagem de areia no agregado total, o procedimento é baseado em conhecimentos do tecnologista ou de estimativas de experiências prévias com os materiais disponíveis, sendo assim, determina-se um traço 1:m (em massa) que intuitivamente aproxima-se do traço definitivo

buscado. O estimado de m pode ser efetuada levando em consideração a relação de água/cimento (x) requerida para atingir a resistência e durabilidade de projeto e considerando, através da relação H (%), as necessidades de trabalhabilidade da mistura fresca.

É determinado a relação M do traço de partida fixando-se a relação x , a qual pode ser substituída na relação H . Essa relação deverá começar com $H=5\%$, aumentando essa relação de 1% em 1% de forma a obter misturas com $H = 6\% 7\% 8\% \text{ e } 9\%$.

3 a 4 dessas misturas são preparadas do mesmo traço 1: m , variando apenas a porcentagem de areia no agregado total de 5 em 5%.

Após o m fixado, para cada uma das relações a/m preparam-se várias misturas experimentais variando a quantidade de água em cada mistura e para cada mistura seca aumenta-se de 1 em 1% a relação H (%) até atingir a trabalhabilidade adequada. Nessa etapa experimental é importante observar algumas características de consistência e de resistência a segregação das misturas de concreto produzidas.

Para a determinação das relações ótimas de a/m e de H , os laboratoristas devem ensaiar, para cada relação a/m , as diferentes relações de H e em outras palavras se fossem realizar 5 relações para a/m e 5 relações para H , deveriam se realizar vinte e cinco ensaios para determinar os índices de remodelagem.

O método do Iters/Eládio Petrucci embora abordado neste trabalho, não foi alvo deste estudo.

3.4.DOSAGEM EXPERIMENTAL DO CONCRETO – MÉTODO INT

3.4.1. Histórico do Método

O método de dosagem INT foi desenvolvido por Lobo Carneiro como parâmetro de referência os estudos de dosagem inicialmente desenvolvido por Ary Torres em 1927 no Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

No Rio de Janeiro, Lobo Carneiro passa a integrar a equipe técnica inicial do Instituto Nacional de Tecnologia- INT – criado em 1933, e tenta aplicar o método IPT de dosagem de concreto, desenvolvido pelo Engenheiro Ary Torres. Na tentativa, se deparou com algumas dificuldades devido diferenças entre agregados graúdos britados e aos menores módulos de finura das areias disponíveis no Rio em relação as areias mais grossas e pedregulhos usados em São Paulo. Na época o método do módulo de finura proposto pelo IPT não indicava como corrigir os problemas decorrentes da granulometria da areia. Em decorrência desses problemas, Lobo Carneiro começou a desenvolver um método de dosagem de concretos mais plásticos usando das curvas granulométricas propostas por Otto Graf e Bolomey. O método então desenvolvido levou a criação de curvas granulométricas adicionais para diferentes tamanhos de agregados. Em 1937 foi feita sua primeira publicação que se intitulava “Dosagem de concretos plásticos” (LOBO CARNEIRO, 1937), que o permitiu divulgar um método com possibilidades práticas e serviu como base para execução de trabalhos experimentais e para levantamento de informações de campo que levaram a publicação, em 1943, um trabalho intitulado “Dosagem dos concretos” (LOBO CARNEIRO, 1953).

3.4.2. Descrição do método

Consiste na determinação inicial da resistência de dosagem exigida a uma determinada idade, em função da resistência característica de projeto e do controle da qualidade de produção e as exigências de durabilidade em função das condições de exposição e operação. Boggio (2000) descreve como vantagem desse método a possibilidade de ser desenvolvido com o mínimo de ensaios de laboratório, sendo necessárias, determinações da composição granulométricas dos agregados, que podem ser dispensados quando se há conhecimento das composições médias em uma dada localidade. O método do INT adota, da mesma maneira que Otto Graff, de curvas ótimas, ao invés de curvas únicas que poderiam apresentar de caráter duvidosa ou ser impraticáveis. Carneiro define como granulometria ótima aquela que permite obter uma mistura de concreto com o mínimo de vazios, ou seja, com a máxima compacidade, e

para qual corresponde um consumo mínimo de cimento quando é fixada uma mesma consistência e uma mesma relação água/cimento. Após fixado o consumo de cimento e definido certa consistência, considera-se uma melhor distribuição granulométrica da mistura total e de materiais secos, permitindo a obtenção de concretos trabalháveis e mais resistentes.

É importante também ressaltar que as curvas ótimas criadas por Lobo Carneiro são efeitos de ensaios experimentais na região do Rio de Janeiro. O método do INT dá bons resultados quando é dosado para alguns materiais em específico. No entanto abre uma ressalva para a necessidade da atualização das curvas “resistência x (água/cimento)” para os cimentos atuais. Tendo isso em mente, quando os agregados disponíveis são diferentes dos que foram usados para construir a curva, os concretos dosados pelo método podem apresentar aspecto ruim, não apresentando as características desejadas e, portanto requererão ajustes, sendo portanto a aplicabilidade das composições granulométricas “ótimas” segundo Lobo Carneiro, uma questão relativa. Boggio (2000) continua reiterando que se os agregados para o proporcionamento são britas e areais naturais, o método dispõe vantagens e facilidades em compor misturas granulométricas que apresentem uma boa trabalhabilidade as condições de adensamento preestabelecidas, e que a diferença do método da ABCP que propõe proporções fixas de agregados graúdos de forma empírica, e da EPUSP/IPT, que sugere a determinação experimental da mistura de agregados graúdos no estado compactado seco, está na facilidade que o método INT proposto pelo Professor Lobo Carneiro promove em uma determinação teórica direta da composição granulométrica dos agregados.

4. METODOLOGIA

A abordagem de uma análise comparativa entre os métodos requer desenvolvimento de experimentos. Para esse primeiro momento, faz-se necessário conhecer inicialmente as variáveis de estudo que podem ser sintetizadas no fluxograma abaixo:

Figura 1 - Fluxograma das variáveis estudadas



Fonte: O autor (2017)

4.1. MATERIAIS

Essa etapa, consiste na descrição e desenvolvimento dos experimentos no que concerne as características físicas dos agregados e aglomerantes disponíveis e de uso comum na região. Para isso foram feitas coletas dos materiais nos pontos de comercialização na cidade de Aracaju SE, para posteriormente realizar os ensaios básicos de caracterização dos agregados, levando como referência as recomendações da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

4.1.1. Agregados miúdos

Utilizados nos concretos produzidos na cidade de Aracaju SE, os agregados miúdos (areia lavada), é originada do rio Paramopama, na cidade de São Cristóvão.

A tabela 1 mostra os resultados dos ensaios de granulometria do agregado miúdo realizados de acordo com a NBR NM 248:2003 e massa específica, pelo método de Chapman - NBR NM 9776.

Tabela 1 - Resultado dos ensaios físicos do agregado miúdo

	IFS - INSTITUTO FEDERAL DE SERGIPE			
	Interessado:	Ítalo Ramon Carvalho de Menezes		Coleta:
	Procedência:			Entrada:
	Referência:	Caracterização de Agregado Miúdo - Areia		Registro:

REALIZAÇÃO DE ENSAIOS FÍSICOS DO AGREGADO MIÚDO

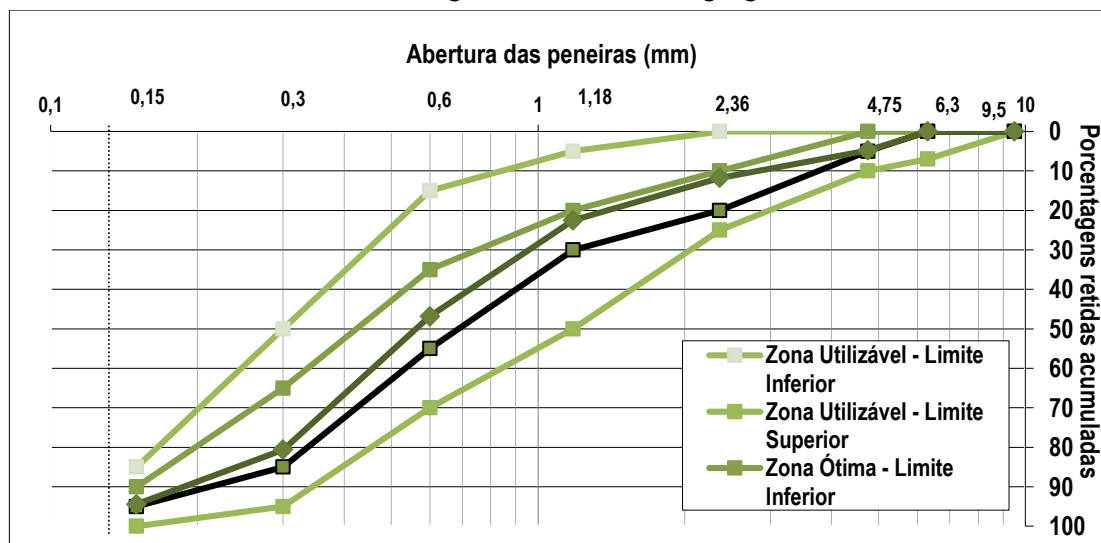
Data:		1)GRANULOMETRIA DO AGREGADO MIÚDO - NBR NM 248:2003									
Abertura da malha das peneiras (mm)	a) massa inicial seca (gr) = 1,000.0				(Vr) Massa retida	(Mrm) Massa retida	(Mra) Massa retida	Faixas em relação as % retidas acumuladas			
	b) massa inicial seca (gr) = 1,000.0							Limites Inferiores		Limites Superiores	
	(Mrg) Massa retida (gr)		(Mr%) Massa retida (%)					Zona	Zona	Zona	Zona
	Ensaio a	Ensaio b	Ensaio a	Ensaio b							
					Variações	Média	Acumulada				
					+ 4 %	(%)	(%)	Utilizável	Ótima	Utilizável	Ótima
9.5	0.0	0.0	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%	0	0	0	7
4.75	17.6	11.5	6%	4%	1.9%	5%	5%	0	0	5	10
2.36	22.2	20.0	7%	7%	0.6%	7%	12%	0	10	20	25
1.18	33.0	32.2	11%	11%	0.0%	11%	23%	5	20	30	50
0.6	73.6	73.7	24%	25%	0.6%	24%	47%	15	35	55	70
0.3	101.4	102.7	33%	34%	1.2%	34%	81%	50	65	85	95
0.15	42.0	41.7	14%	14%	0.2%	14%	94%	85	90	95	100
Fundo	16.4	17.3	5%	5.8%	0.5%	6%	100%	100	100	100	100
Mt)											
Total Σ	306.0	299.0	Módulo de Finura = 2.62					Diâmetro máximo = 4.75			
Mt = (Σ de Mrg) Mr% = (Mrg / Mt) *100 Vr = (Mr% ensaio a - Mr% ensaio b) Mrm = (Mr% ensaio a + Mr% ensaio b)/2 Mra = (Σ Mrm Massa retida media)											
Módulo finura = Σ % retidas acumuladas, nas peneiras da serie normal / 100 D. máximo = abertura da peneira na qual apresenta % retida acumulada < 5%											

Data:		2) MASSA ESPECÍFICA MÉTODO CHAPMAN-NBR 9776	
Ms) Massa de agregado seco para o ensaio (g)		500.0	500.0
Va) Volume corrigido da água no frasco (cm³)		200.0	200.0
Lf) Leitura final no frasco c/ água + agregado (cm³)		393.0	395.0
Massa específica real dos grãos = $Ms / (Lf - Va)$		2.591	2.564

Média da Massa específica real dos grãos (g/cm³)	2.58
--	------

Fonte: O autor (2017)

Gráfico 1 - Curva granulométrica do agregado miúdo



Fonte: O autor (2017)

Fotografia 1 - Ensaio de massa específica pelo método de Chapman



Fonte: O autor (2017)

Fotografia 2 - Ensaio de granulometria do agregado miúdo



Fonte: O autor (2017)

4.1.2. Agregados Graúdos

Para agregado graúdo adotou-se pedra britada 3/4. Estes agregados não sofreram qualquer preparo ou adequação as faixas granulométricas, e portanto foram utilizadas conforme foram disponibilizadas pelos fornecedores.

A tabela 2 e 3 demonstram os resultados obtidos pelos ensaios de massa específica do agregado graúdo (NM 53:2003) e massa compactada unitária (NBR NM 45:2006).

Tabela 2 - Resultados do ensaio de massa específica do agregado graúdo (g/cm³)

Massa específica do agregado graúdo (g/cm³)		
Massa seca (g)	Massa ao ar na condição saturada (g)	Massa em água da amostra (g)
3000	3000	1873
Massa Específica do agregado graúdo (g/cm³)		2,662

Fonte: O autor (2017)

Tabela 3 - Resultado do ensaio de massa unitária do agregado graúdo (kg/cm³)

Massa unitária do agregado graúdo (kg/m³)		
Amostra 01 (kg)	Amostra 02 (kg)	Amostra 03 (kg)
38,484	38,266	38,188
Massa média do agregado graúdo		38,313
Massa unitária do agregado graúdo (kg/m³) $m = \left(\frac{m_1 + m_2 + m_3}{3} \right) / 20$		1,916

Fonte: O autor (2017)

4.1.3. Cimento

Foi utilizado cimento Nacional CPII Z-32 em todos os métodos de dosagem de concreto. Abaixo segue tabela dos ensaios de caracterização obedecendo as prescrições da norma NM 23/2001.

Tabela 4 - Resultados da caracterização do cimento Nacional

Característica	Resultados	Limites (NBR 11578/91)	Método de ensaio
Massa específica	3,08 g/cm³	-	NBR NM 43:2002

Finura (#200)	0,96%		≤12,0%	NBR 11579:2012
Água de Consistência normal	29,4%		-	NBR NM 43:2003
Tempo de Pega	Início	127 min	≥60min	NBR NM 65:2003
Resistência	28 dias	32,1	≥ 32 Mpa	NBR 7215 1996

Fonte: O autor (2017)

4.1.4. Água

Para realização dos ensaios foram utilizadas água potável disponível na rede de abastecimento do laboratório do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – Campus Aracaju, fornecida pela empresa de abastecimento DESO.

4.2. MÉTODOS UTILIZADOS NOS ENSAIOS

4.2.1. Determinação da Consistência pelo Abatimento do tronco de cone (Slump Test)

O abatimento convencional do tronco de cone é o ensaio que determina a consistência do concreto fresco a qual é normatizado pela ABNT NM 67:98 – Para a determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, é necessário que a dimensão máxima do agregado graúdo não ultrapasse o valor de 37,5 mm.

Para realização deste ensaio utilizou-se seguinte aparelhagem:

- Haste de compactação com diâmetro de 16 mm e comprimento de 600 mm;
- Molde tronco – cônico com diâmetro da base de 200 mm, diâmetro superior de 100 mm e altura de 300 ± 2 mm;
- Placa de base plana, quadrada, com dimensões mínimas de 500×500 mm.

Figura 3 - Abatimento do tronco de cone pelo método IPT



Fonte: O autor (2017)

Figura 4 - Abatimento do tronco de cone pelo método INT



Fonte: O autor (2017)

Figura 5 - Abatimento do tronco de cone pelo método ABCP



Fonte: O autor (2017)

4.2.2. Velocidade de Abatimento

O método para velocidade de abatimento foi adaptado do ensaio de abatimento do tronco de cone e foi desenvolvido por FERRARIS & DE LARRARD (1998). A finalidade deste ensaio é de maneira prática obter a viscosidade e tensão limite de escoamento dos concretos com consistência mensurada pelo abatimento de tronco de cone mínima de 120 mm. O método foi adaptado devido a não utilização de todos os equipamentos. Assim mediu – se o tempo em segundos que o concreto saía da posição de repouso até a posição de abatimento final, ao ser realizado o ensaio normal de abatimento de tronco de cone.

São necessários os seguintes equipamentos para execução deste ensaio:

- Base quadrada com haste vertical central;
- Anel de vedação para encaixe no orifício da placa.
- Molde tronco-cônico;
- Cronômetro com precisão de 0,01s;
- Placa de formato circular com furo no centro para encaixe na haste;

4.2.3. Moldagem e Cura dos corpos de provas

Os corpos de prova foram moldados e curados seguindo os critérios da ABNT NBR 5738:2008 - Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.

Antes de iniciar a moldagem dos corpos de prova revestiu-se internamente a base e o molde com óleo mineral. Foram moldados dois tipos de corpos de prova. O procedimento para a moldagem encontra-se listado abaixo:

- No molde com 100 mm de diâmetro, enche duas camadas, onde cada camada é adensada com a haste realizando 12 golpes;
- No molde com 150 mm de diâmetro, preenchido em três camadas dando 25 golpes com a haste em cada camada;

As desformas foram feitas 24 horas após as moldagens, logo depois os corpos de prova foram submetidos à cura, através da imersão em água saturada

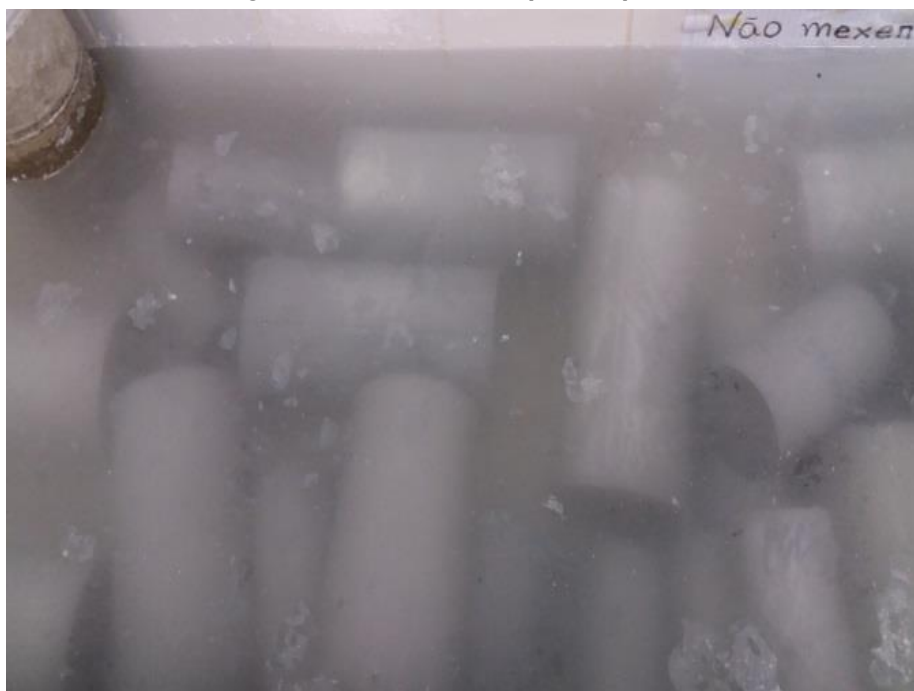
com cal durante 28 dias. As figuras 06 e 07 mostram os corpos de prova e moldado em cura respectivamente.

Figuras 6 - Moldagem dos corpos de provas



Fonte: O autor (2017)

Figuras 7 - Cura dos corpos de provas



Fonte: O autor (2017)

4.2.4. Resistência à compressão e a tração

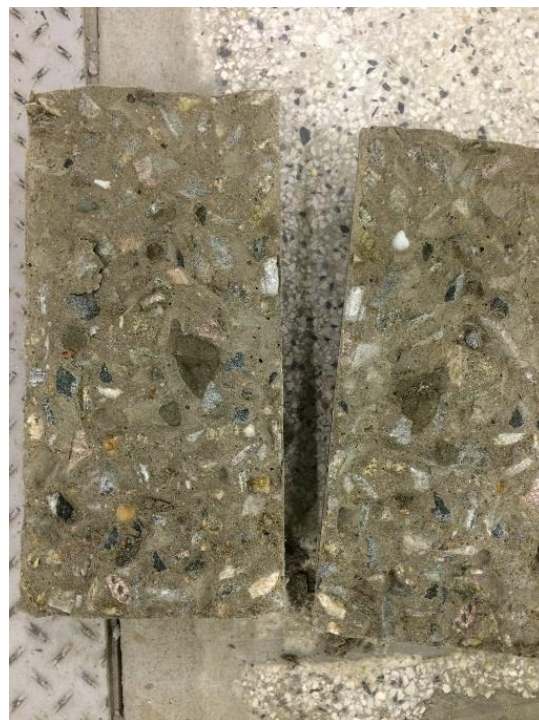
Após 28 dias de cura, concreto foi submetido ao ensaio de compressão axial e tração por compressão diametral normatizado pela ABNT NBR 7215:1996 – Determinação da resistência a compressão, realizado no laboratório do IFS.

Figura 8 - Rompimento de corpo de prova a compressão



Fonte: O autor (2017)

Figura 9 - Tração por compressão diametral



Fonte: O autor (2017)

4.3. METODOLOGIA DOS MÉTODOS DE DOSAGEM

4.3.1. Método ABCP

Inicialmente recomenda-se através da tabela abaixo a fixação da consistência adequada de trabalho para o concreto fresco, através do ensaio do abatimento do tronco de cone segundo a NBR ABNT NM 7212/2012.

Tabela 5 - Valores de abatimento recomendados em função do tipo de obra

Tipos de Obras	Abatimento (mm)	
	Máximo	Mínimo
Paredes de fundações e sapatas armadas	75	25
Sapatas planas, caixões e paredes de infraestrutura	75	25
Vigas e paredes armadas	100	25
Pilares de edifícios	100	25
Pavimentos e lajes	75	25
Construções de concreto massa	50	25
<i>OBS: Quando o método de adensamento não for vibratório, os valores dos abatimentos, apresentados na tabela, podem ser incrementados em 25mm</i>		

Fonte: O autor (2017), adaptado da norma (ACI-211. 1-81)

Verificado o valor de abatimento requerido, faz-se necessário conhecimento da dimensão máxima característica dos agregados, para que em função disso na tabela 06 seja possível a obtenção da quantidade de água de amassamento aproximada para misturas preparadas com agregados graúdos britados de granito, agregados miúdos, constituídas por areia de rio não muito finas ($MF \geq 1.8$).

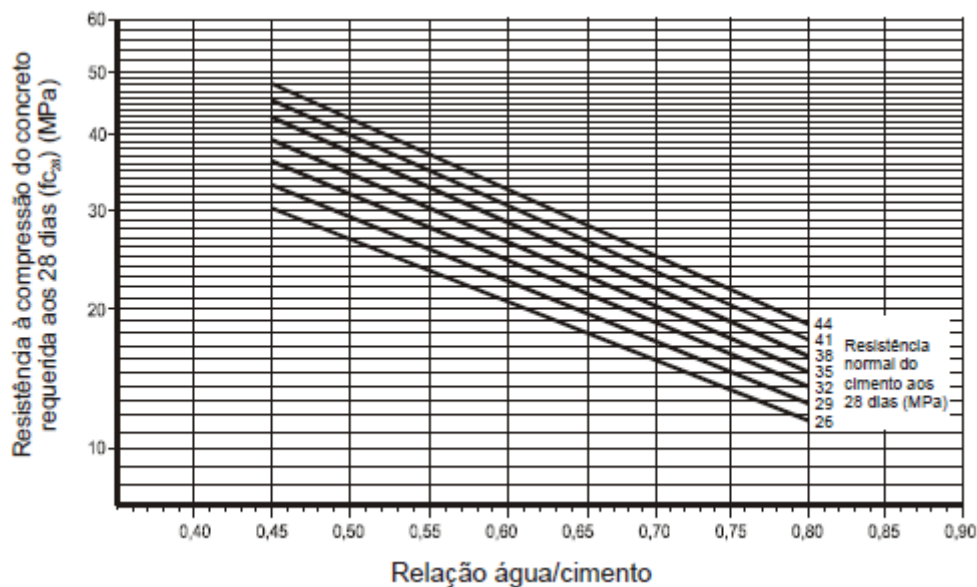
Tabela 6 - quantidades de água de amassamento de concreto em função do abatimento e dimensão máxima característica do agregado

Abatimento (mm)	Dimensões máxima do agregado graúdo Dmc (mm)				
	9,5	19	25	32	38
40 a 60	220 kg/m ³	195 kg/m ³	190 kg/m ³	185 kg/m ³	180 kg/m ³
60 a 80	225 kg/m ³	200 kg/m ³	195 kg/m ³	190 kg/m ³	185 kg/m ³
80 a 100	230 kg/m ³	205 kg/m ³	200 kg/m ³	195 kg/m ³	190 kg/m ³

Fonte: Adaptado de RODRIGUES, 1990.

A próxima etapa, fica em função das necessidades da resistência e condição de exposição do concreto, ligadas a natureza da obra, faz-se então necessário a fixação da relação água/cimento. Como forma mais precisa tanto o método original ACI como a versão ABCP sugerem o emprego da curva de Abrams, figura 2.

Figura 2 - Gráfico para a determinação da relação água/cimento em função da resistência do concreto aos 28 dias (Rodrigues, 1998)



Fonte: Rodrigues, 1990

A próxima etapa do método faz-se necessário conhecimento do módulo de finura da areia e da Dimensão máxima característica do agregado total para a partir da tabela 07, a obtenção da massa unitária do agregado no estado compactado seco NBR NM 45.

Tabela 7 - Volume compactado seco (V_{cs}) de agregado graúdo por m^3 de concreto, função do módulo de finura da areia e da Dimensão máx. Car (D_{mc}) do agregado graúdo

Módulo de Finura da areia	Dimensão máxima característica do agregado graúdo D_{mc} (mm)				
	9,5	19	25	32	38
MF	Volume compactado seco (V_{cs}) de agregado graúdo por m^3 de concreto				
1,8	0,645	0,77	0,795	0,82	0,845
2,0	0,625	0,75	0,775	0,8	0,825
2,2	0,605	0,73	0,755	0,78	0,805
2,4	0,585	0,71	0,735	0,76	0,785
2,6	0,565	0,69	0,715	0,74	0,765
2,8	0,545	0,67	0,695	0,72	0,745
3,0	0,525	0,65	0,675	0,7	0,725
3,2	0,505	0,63	0,655	0,68	0,705
3,4	0,485	0,61	0,635	0,66	0,685
3,6	0,465	0,59	0,615	0,64	0,665

Obs: Os volumes de agregado compactado seco referem-se à mistura de todos os tipos de brita que entram na composição do concreto.

(Fonte: Rodrigues, 1990)

A quantidade de areia (em kg) no traço é estabelecida pelo método volumétrico estabelecido por:

$$A = \left[1 - \left(C / \gamma_c + B / \gamma_b + Q / \gamma_Q + V_{\text{apreisionado}} \right) \right] \times \gamma_a$$

Onde:

A = Quantidade (kg) de agregado miúdo por m³ de concreto;

B = Quantidade (kg) de brita por m³ de concreto;

C = Quantidade (kg) de cimento por m³ de concreto;

Q = Quantidade de (kg) de água por m³ de concreto;

V_{apreisionado} = Volume de ar aprisionado (m³);

γ_a = massa específica da areia (kg/m³);

γ_b = massa específica da brita (kg/m³)

γ_c = massa específica do cimento (kg/m³);

γ_Q = Massa específica da água (kg/m³);

O traço é feito em função dos diversos componentes em relação a massa do cimento:

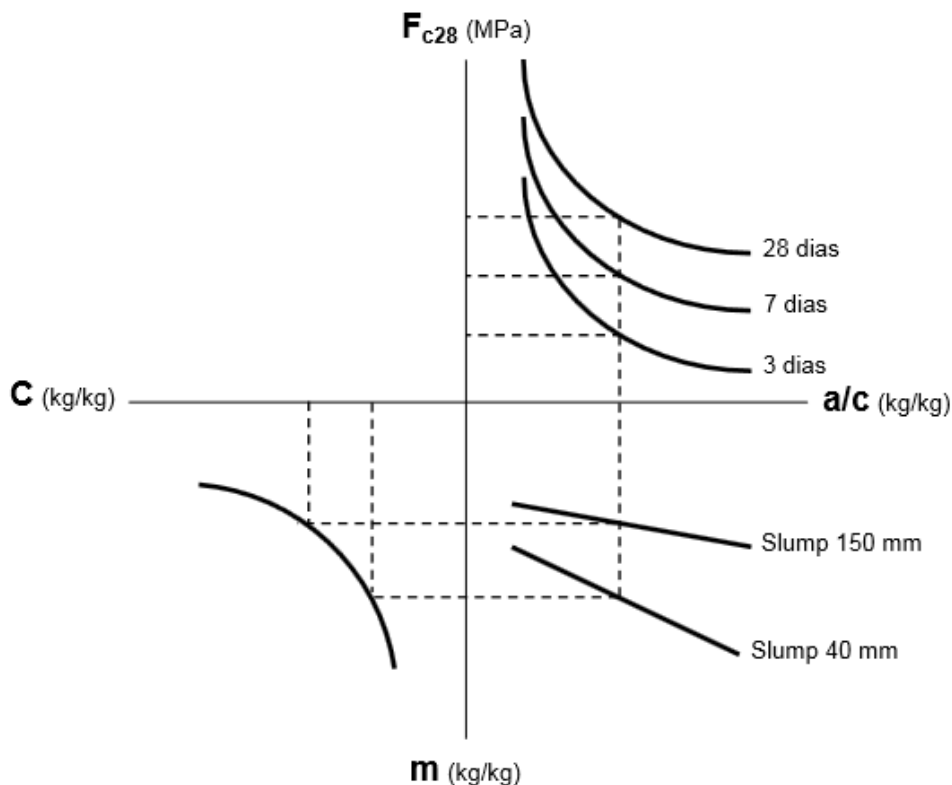
$$1 + A/C : B/C + // Q/C \Rightarrow 1 + a : b // x$$

4.3.2. Metodologia do EPUSP/IPT

Inicialmente o método usa de parâmetros iniciais de resistência característica do concreto aos 28 dias (f_{ck}), da dimensão máxima característica do agregado, obtenção das proporções de areia e pedra britada, através da dimensão máxima característica do agregado, além da obtenção da relação água/cimento. Como resultado desses parâmetros o método disponibiliza leis de

comportamento que também pode ser representada pelo diagrama de dosagem abaixo:

Figura 3 - Diagrama de dosagem dos concretos de cimento portland



Fonte: (TANGO, 1994)

O modelo do 1º quadrante diz respeito aos ajustes a serem realizados obtidos pela lei de Abrams (1918) ou modelo de Powers (1966).

No segundo quadrante estima ajustes obtidos a lei de Lyse (1932).

No terceiro quadrante é relativo aos ajustes dos resultados pela lei de Priszkulnik & Kirilos (1974);

No quarto quadrante entende-se pela correlação da resistência a compressão com o consumo de cimento (rendimento em Mpa/Kg).

A determinação do teor ideal de argamassa é feita de forma experimental, realizada da seguinte maneira:

Através do traço inicial 1:m (exemplo: 1:5), fixa-se um teor de argamassa $\alpha = (1+a)/(1+m)$, sendo considerado o mínimo possível.

Sobre o concreto bem misturado, para definir o melhor teor de argamassa do traço, é requerido uma serie de verificações e observações praticas, sendo:

- Passar a colher de pedreiro sobre a superfície do concreto fresco, introduzir dentro da massa e levantar no sentido vertical para verificar se a mesma encontra-se com teor de vazios na superfície, indicando falta de argamassa de preenchimento.
- Para se concluir que existe um teor de argamassa adequado, além do procedimento anterior, é importante que verifique-se o desprendimento do agregado graúdo da massa, retirando uma parte dela e levando-o até a parte superior da cuba da betoneira, em seguida soltar e observar se a mesma cai de modo compacto e homogêneo, um indicador de que o concreto está bem argamassado.
- Determina-se, então, o abatimento do concreto através do ensaio do tronco de cone ((NBR NM 67 (ABNT,1998^a)), sendo a consistência obtida fora da faixa preestabelecida, acrescentar a quantidade de água necessária para atingir o objetivo.

4.3.2.1. Concepção dos traços auxiliares

Consiste em produzir dois traços (traço pobre e traço rico), para montar, junto ao traço referência, o diagrama de dosagem IPT. O traço normal, ou referência, junto dos traços auxiliares escolhidos apresentarão diferença de uma unidade e meia para menos ou para mais relacionado ao teor de m de agregado total.

Para construção dos novos traços a serem produzidos deve-se manter fixo o teor de argamassa $\alpha = (1+a)/(1+m)$ do traço normal.

- Traço mais rico 1:m (1:3,5);
- Traço mais pobre 1:m (1:6,5);

4.3.3. Metodologia do método INT

Inicialmente é determinado o desvio padrão S_n da resistência, obtida através de ensaios de corpos de prova da obra considerada ou de outra cujo concreto tenha sido executado respeitando as mesmas premissas de organização, controle de qualidade e mesmos equipamentos. A resistência de dosagem exigida pelo projeto a uma determinada idade é recomenda um desvio padrão:

$$S_d = k_n \times S_n$$

Onde:

S_d = desvio-padrão da dosagem, em mpa;

K_n = coeficiente que depende do número n de resultados disponíveis;

S_n = desvio padrão obtido de uma amostra com n resultados disponíveis;

n = número de ensaios disponíveis. O menor valor que se deve tomar para S_d é 2,0 MPa. A resistência média prevista para a dosagem não é diretamente o f_{ck} e sim o f_{cmj} . Para determinação do f_{cmj} adota-se a equação recomendada na ABNT NBR 12655/2015:

$$f_{cmj} = f_{ck} + 1,65 S_d$$

f_{cmj} = resistência média do concreto à compressão a j dias de idade, em MPa;

f_{ck} = resistência característica do concreto à compressão, em MPa;

S_d = desvio-padrão da dosagem, em MPa;

O valor do desvio-padrão S_d , de acordo com a medição dos componentes do concreto e a verificação do teor de umidade, ou seja, em função do rigor da produção do concreto, será fixado pelo critério exposto da tabela abaixo.

Tabela 8 - Critérios para determinação dos valores de S_d

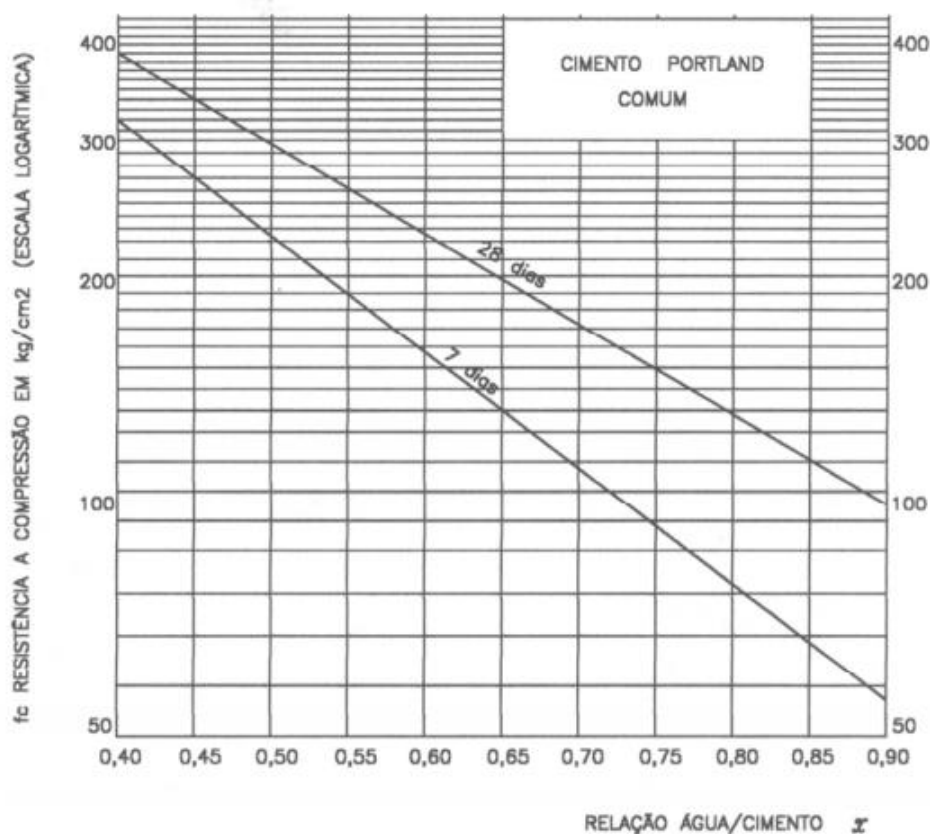
S_d	Condição	Classe	Tipos de concreto
4,0	A	C10 a C80	O cimento e os agregados são medidos em massa, a água de amassamento é medida em massa, ou volume com dispositivo dosador e corrigida em função da umidade dos agregados.
5,5	B	C10 a C25	Cimento dosado em massa, agregados dosado em massa, combinada com volume, a umidade do agregado miúdo é determinada e o volume do agregado miúdo é corrigido através da curva de inchamento.
7,0	C	C10 a C15	O cimento é medido em massa, os agregados são medidos em volume, a água de amassamento é medida em volume e a sua quantidade é corrigida em função da estimativa da umidade dos agregados e da determinação da consistência do concreto.

Fonte: (O autor 2017)

4.3.3.1. Determinação da relação água/cimento (A/C)

No método INT a/c é obtida através do gráfico abaixo que dispõe de curvas representadas desta relação, a partir dela pode-se obter rapidamente qualquer relação água/cimento para a correspondente resistência de dosagem. Deve-se levar em conta que para cada tipo de cimento e agregado a ser utilizado é preciso traçar novas curvas, pois as relações alteram-se sensivelmente. A figura 4 representa o gráfico a seguir possibilita a determinação A/C de maneira aproximada levando-se em conta o tipo de cimento Portland utilizado, CP25, CP32, CP40.

Figura 4 - Gráfico para determinar A/C de maneira aproximada levando-se em conta o tipo de cimento Portland utilizado



4.3.3.2. Escolha da relação água/ mistura seca

Determinado a relação a/c , deve-se fixar um percentual de água na mistura seca ($H\%$), cimento + agregado, que proporcione ao concreto plasticidade necessária em função da dimensão máxima do agregado e do processo de adensamento adotado. Conforme a tabela abaixo:

Tabela 9 – Determinação do adensamento em função do dimensão máxima do agregado

D. máx	Manual	Vibração moderada	Vibração enérgica
9,5	11,00	10,0	9,0
19	10,00	9,0	8,0
25	9,5	8,5	7,5
38	9,0	8,0	7,0
50	8,5	7,5	6,5

FONTE: (O autor, 2017)

É importante ressaltar que os valores disponíveis na tabela de H% são aproximados, e portanto, devem ser verificados para os materiais disponíveis através de ensaios de consistência, principalmente quando se trabalha com concretos que necessitam de vibração intensa.

4.3.3.3. Determinação da proporção agregado/cimento

Conhecidos a relação água/cimento e o teor de água na mistura seca (H%) considera-se um traço 1:M, sendo M o agregado, e é obtido através da expressão:

$$M = A/C \text{ H\%} - 1$$

4.3.3.4. Diferentes tipos de agregados e a determinação em primeira aproximação das proporções por tentativas

Com o traço global 1:M, sendo M referente aos agregados [M= (a+b) areia + brita], em primeira aproximação da proporção dos diferentes materiais que o compõem podem ser feitos através da tabela sugerida por Lobo Carneiro, referida do peso total da mistura seca (1+M).

4.3.3.5. Determinação do consumo de cimento por m³ de concreto

A expressão que permite efetuar o cálculo do consumo de cimento para 1,0 m³ de concreto é dada por:

$$P_c = \frac{1000}{1 m_c + a m_a + b_1 m_{b1} + b_2 m_{b2} + \dots + A/C 2a}$$

Onde: P_c = consumo de cimento por kg/m³

m_c = peso específico dos grãos de cimento kg/L

m_a = peso específico da areia kg/L

m_b = peso específico da brita kg/L

a/c = fator água / cimento

5. RESULTADOS

A seguir estão expostos os resultados apresentados e posteriormente a análise destes.

Na tabela 10 estão descritos os resultados das variáveis dependentes: Teor de Argamassa Seca (α %), Relação água/materiais secos (H%), m (proporção de agregados), Consumo de cimento ($\mathbb{C}$), Abatimento (mm), Velocidade de abatimento (mm/s), Relação água/cimento, Resistência compressão, Resistência a tração por compressão diametral.

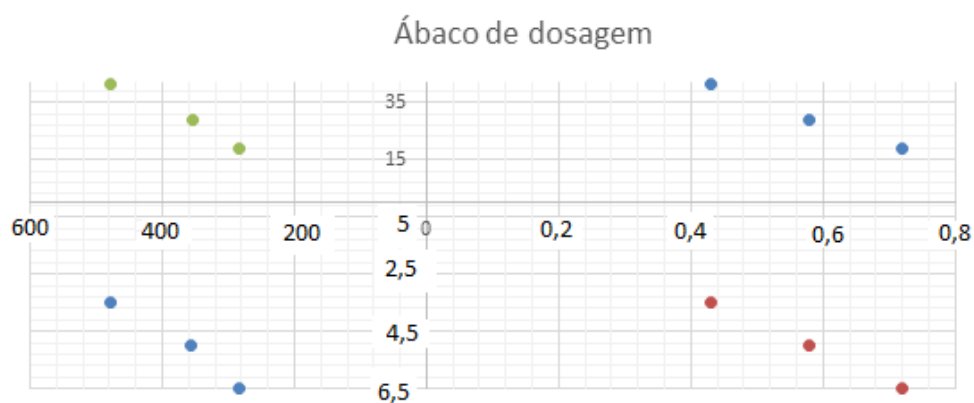
Na figura 5 está representado o ábaco com as informações de leitura referente ao método de dosagem IPT traço final para resistência de 36 Mpa.

Tabela 10 - Resultados das variáveis dependentes

Fonte: O autor (2017)

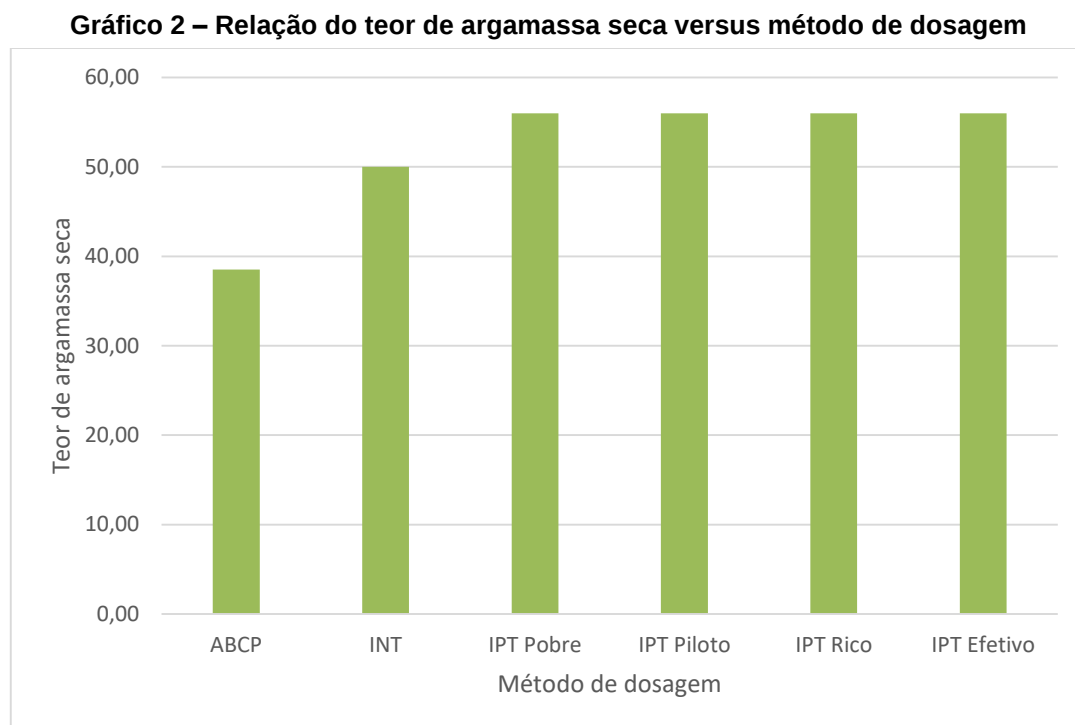
Métodos	α %	H(%)	$\mathbb{C}$ (kg/m ³)	a/c	m	Abatimento (mm)	V. de abatimento mm/s	Resistência Compressã o	Resistência tração por compressão diametral
IPT Pobre	56	9,7	283,7	0,7	6,5	160	188,2	18,7	2,128592
IPT Piloto	56	9,7	355,6	0,58	5,0	110	159,4	29	2,16
IPT Rico	56	9,7	479,0	0,43	3,5	60	65,9	41,65	3,099967
IPT Final	56	9,7	423,0	0,47	4,1	-	-	-	-
INT	50	10	475,1	0,45	3,5	160	156,9	37,43	3
ABCP	38,53	9,5	386,2	0,53	4,6	170	485,7	24,92	2,869

Figura 5 - Ábaco referente ao método IPT final com resistência para 36 Mpa



Fonte: O autor (2017)

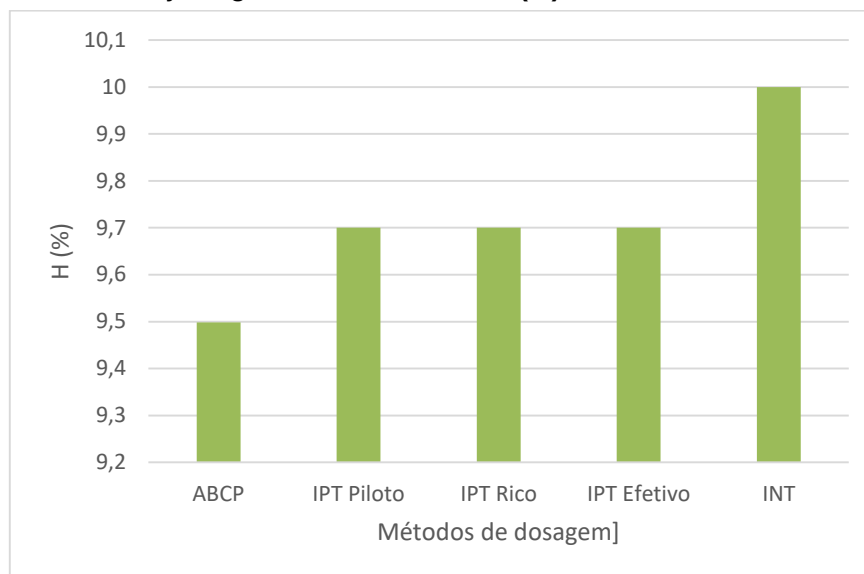
A seguir estão apresentados, no gráfico 2, os resultados dos métodos de dosagem correlacionados com as variáveis dependentes:



Fonte: O autor (2017)

Pode-se observar que o método de dosagem IPT (piloto, rico, pobre e final) possuem o mesmo teor de argamassa seca correspondente a 56 (%), o que representa o maior teor de argamassa seca α (%), seguidos do método INT com 50 (%) e ABCP com 38 (%) de argamassa seca, resultando este último no menor valor deste parâmetro. Ressaltando que o teor de argamassa seca é importante em relação à durabilidade, facilidade de bombeamento e acabamento final dos elementos de concreto. No entanto, esse sofre influência da dosagem adequada de cimento e areia, o que não foi verificado nos métodos INT e ABCP, que resultaram em altos teores de cimento.

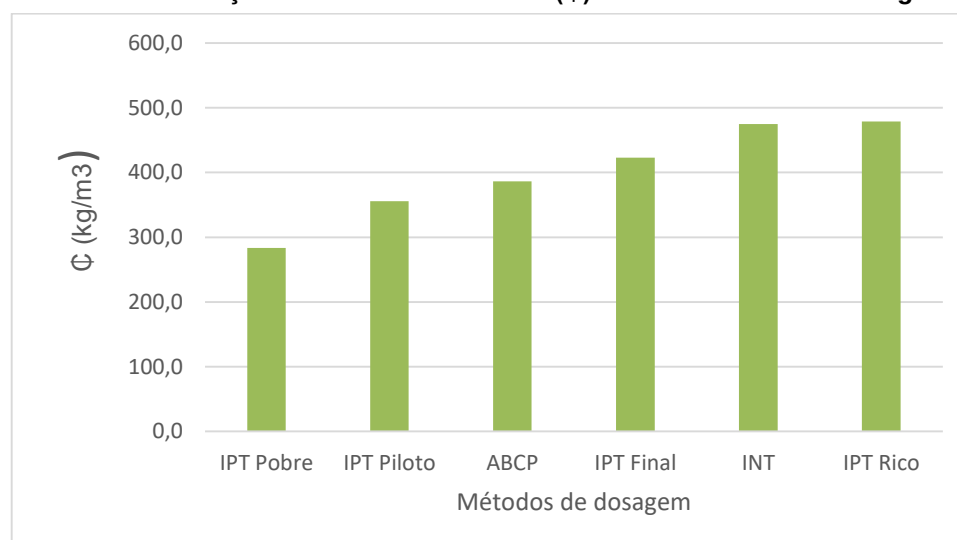
Em seguida estão representados graficamente os resultados dos métodos em relação a água/materiais secos H (%)

Gráfico 3 - Relação água/materiais secos H (%) versus método de dosagem

Fonte: O autor (2017)

Analisando o gráfico para relação água/materiais secos, o método INT apresenta $H = 10$ (%), o que equivale a maior representatividade segundo essa análise, em seguida do IPT (piloto, rico, pobre e efetivo) correspondendo a um $H = 9,7$ (%) e o ABCP representando $H = 9,5$ (%). No entanto, nota-se que os resultados de relação água/materiais secos resultaram bastante similares, se comparados os métodos de dosagem estudados.

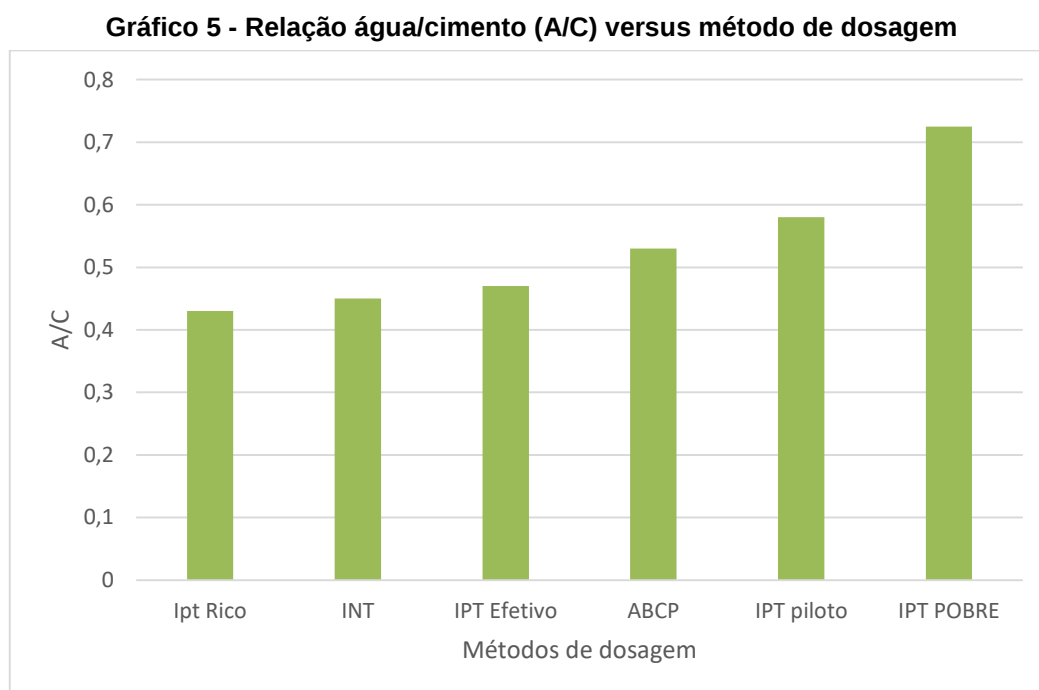
A seguir encontram-se as análises gráficas entre os métodos e o consumo:

Gráfico 4 - Relação consumo de cimento (C) versus método de dosagem

Fonte: O autor (2017)

Avaliando o gráfico acima é possível inferir que o método IPT rico possui o maior consumo de cimento por m^3 correspondente a (475,1), seguidos dos métodos INT com um consumo de 475,1 kg/m^3 , método IPT efetivo com 423,0 kg/m^3 , Método ABCP com consumo de 386,2 kg/m^3 , IPT piloto com 355,6 kg/m^3 e do IPT pobre com 283,7 kg/m^3 .

A seguir, avaliação dos métodos e a relação água/cimento:

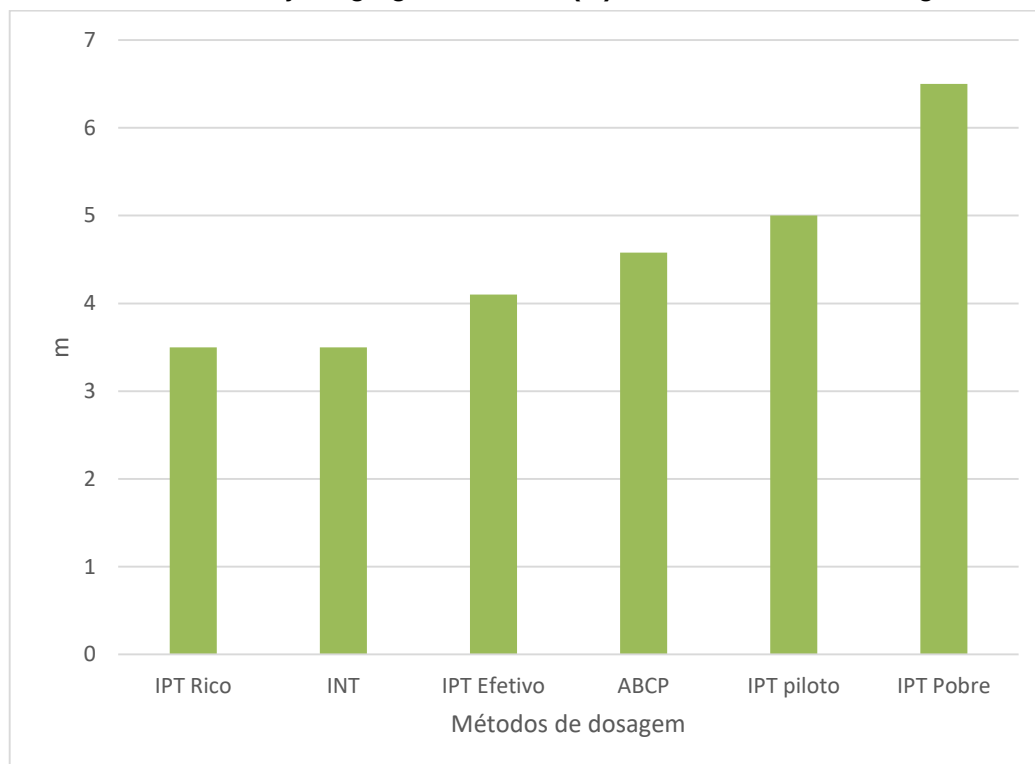


Fonte: O autor (2017)

Graficamente é possível verificar que a maior relação a/c é correspondente ao método IPT com traço pobre representando $a/c=(0,7)$, seguidos dos métodos IPT piloto com $a/c=(0,58)$, método do ABCP com $a/c=(0,53)$, método IPT com o traço efetivo com $a/c=(0,47)$, método INT com $a/c=(0,45)$ e o método do IPT com traço rico com $a/c=(0,43)$, sendo esta última a menor relação água/cimento. Tendo em vista os resultados de relação água/cimento encontrados, pode-se inferir antecipadamente que o concreto do IPT rico deve possivelmente resultar na maior resistência dentre os demais.

A seguir estão os resultados da relação agregado/cimento (m) em massa (kg/kg) entre os métodos de dosagem:

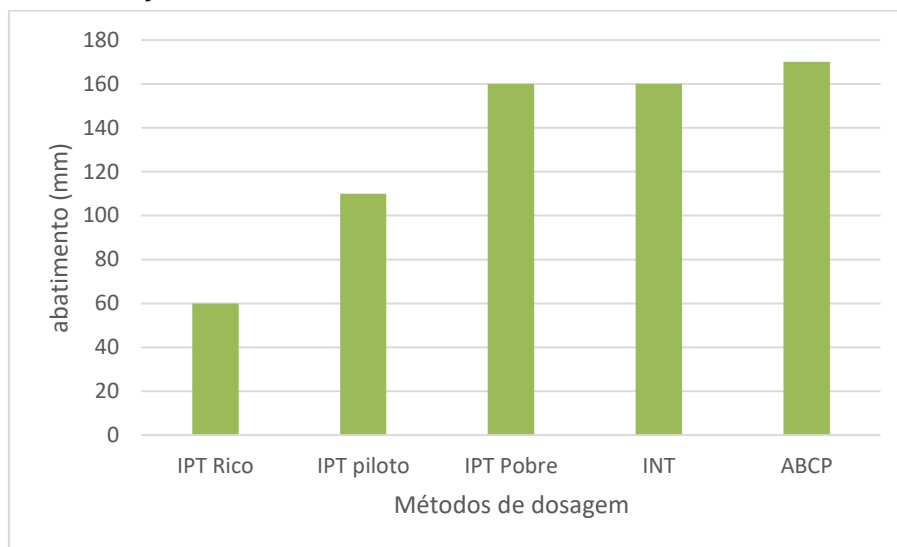
Gráfico 6 - Relação agregado/cimento (m) versus método de dosagem



Fonte: O autor (2017)

O método IPT pobre apresenta maior relação agregados/cimento com $m=6,5$, seguidos do IPT piloto com $m = 5$, método do ABCP com $m = 4,6$, IPT efetivo com $m = 4,1$ e o método INT e IPT Rico que possuem o mesmo (m) correspondendo à menor relação agregado/cimento $m = 3,5$.

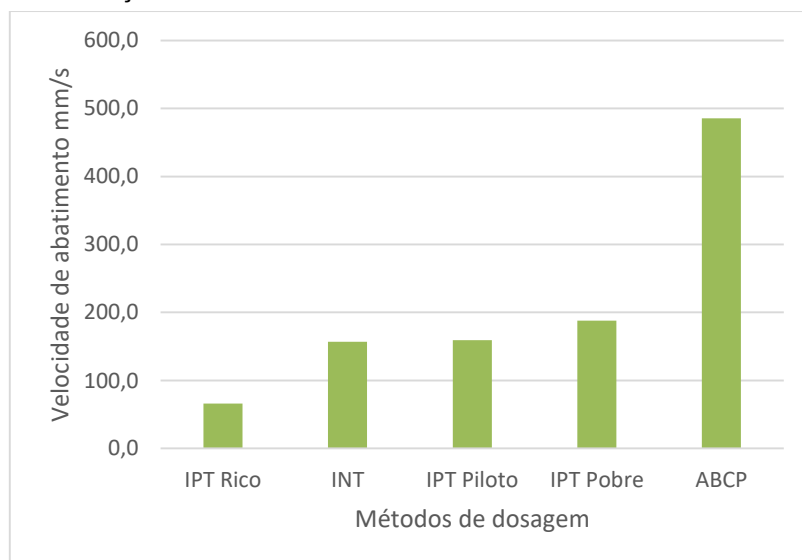
Abaixo encontra-se os registros gráficos relacionados ao abatimento do tronco de cone em (mm) para cada método de dosagem:

Gráfico 7 - Relação do abatimento do tronco do cone versus método de dosagem

Fonte: O autor (2017)

A análise do gráfico é possível inferir que o método ABCP obteve o maior abatimento (170mm), porém vale ressaltar que o concreto não estava bem argamassado, assim, os agregados graúdos simplesmente desagregaram devido à falta de coesão. Para as demais análises constata-se que o método INT e IPT Pobre obtiveram um abatimento de (160mm), seguidos do IPT Piloto com abatimento de (110mm), e IPT Rico com abatimento de 60 mm.

A seguir, encontram-se os gráficos referentes a velocidade de abatimento para cada método de dosagem:

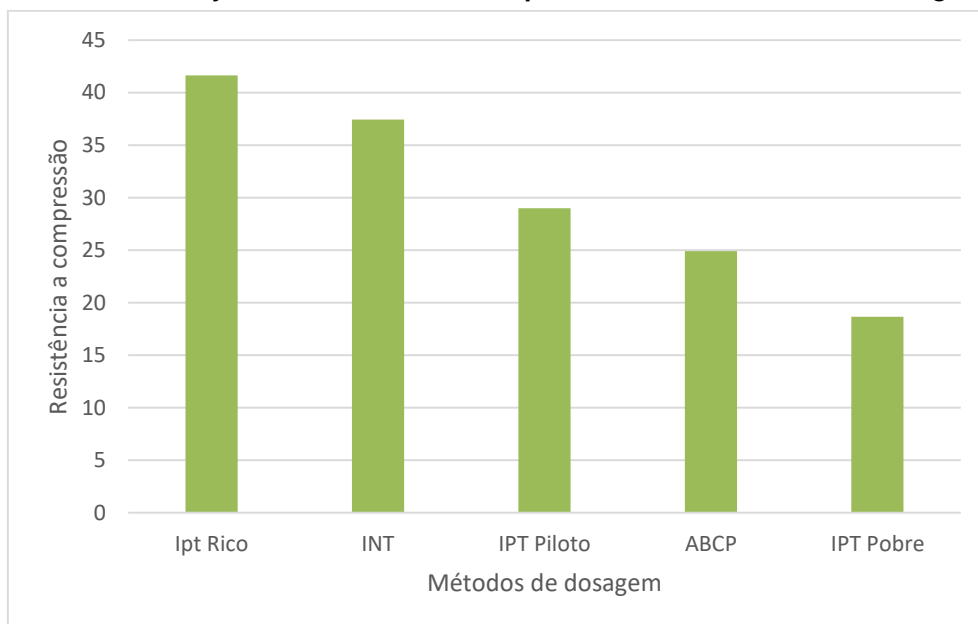
Gráfico 8 - Relação da velocidade do abatimento versus método de dosagem

Fonte: O autor (2017)

Verificando o gráfico é possível afirmar que o método ABCP apresentou maior velocidade de abatimento (485,7) mm/s, seguido do Método do IPT traço pobre com (188,2) mm/s, o IPT piloto com (159,4) mm/s, o método do INT com (156,9) mm/s e o Método do IPT traço Rico caracterizando o menor deste valor de velocidade de abatimento com (65,9) mm/s.

Análise das resistências a compressão para cada método de dosagem:

Gráfico 9 - Relação da resistência a compressão versus método de dosagem



Fonte: O autor (2017)

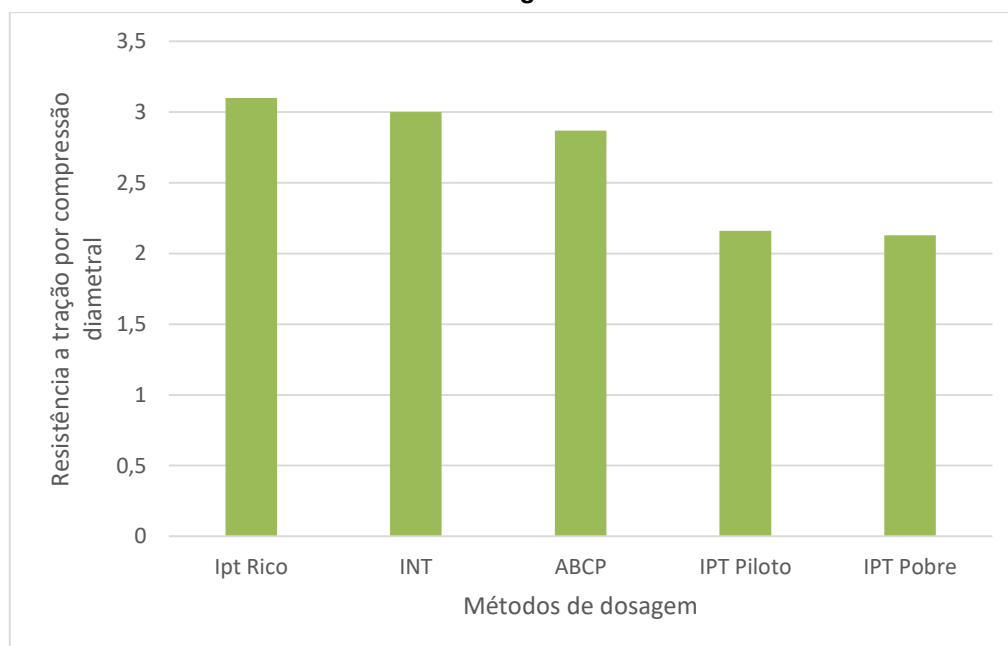
O gráfico acima corresponde as resistências de compressão aos 28 dias dos concretos de cada método em análise. Assim, o método IPT com traço rico apresentou a maior resistência de compressão com 41,65 Mpa, em seguida do método INT que apresentou 37,43 Mpa, IPT Piloto com 29 Mpa, método do ABCP com 24,92 e IPT com traço pobre com o menor valor de resistência a compressão de 18,7 Mpa.

É importante observar que todos os concretos obedeceram a lei de Abrams (quanto menor a relação água/cimento, maior a resistência a compressão), com exceção do concreto do método do ABCP que obteve relação $a/c = 0,53$, menor que o do método do IPT traço piloto com $a/c = 0,58$ e ainda assim obteve de uma resistência menor que esse último concreto. Possivelmente isso tenha acontecido devido as características que o mesmo

apresentou no estado fresco, como falta de coesão entre os materiais, segregação da brita, etc.

Em seguida, são apresentados os dados relacionados a Tração por compressão diametral:

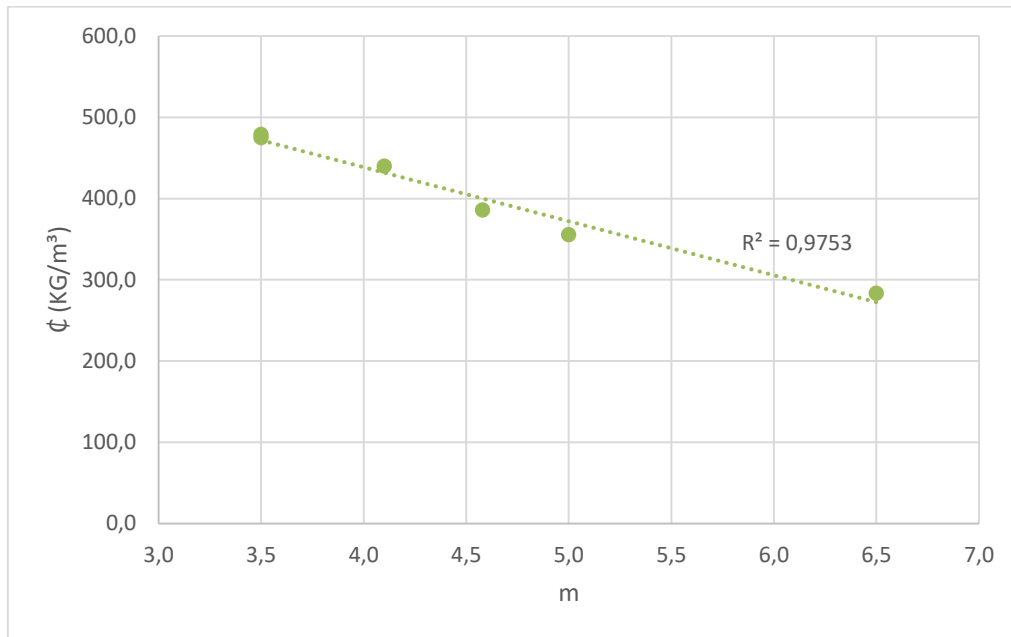
Gráfico 10 - Relação da resistência a tração por compressão diametral versus método de dosagem



Fonte: O autor (2017)

O gráfico acima corresponde as resistências de Tração por compressão diametral de cada método em análise. Assim, o método IPT com traço rico apresentou a maior resistência a tração com 3,099 Mpa , em seguida do método INT que apresentou 3,0 Mpa, método do ABCP com 2,869 , IPT Piloto com 2,16 Mpa e IPT com traço pobre com o menor valor de resistência a compressão de 2,128592 Mpa. A relação com a curva de Abrams também é análoga no que se remete a relação a/c e a resistência.

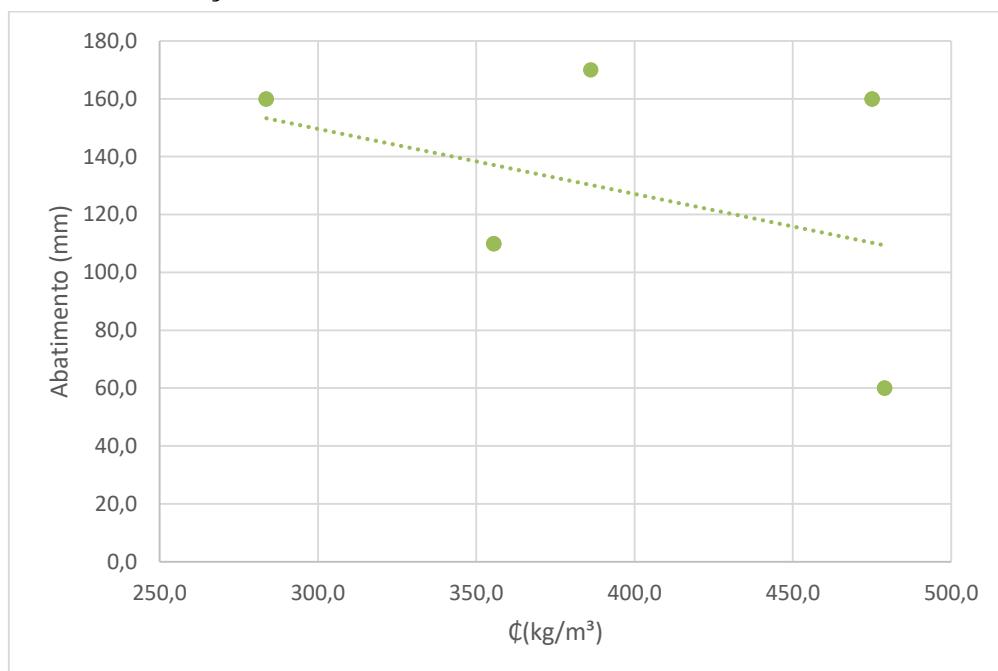
A seguir estão dispostos os resultados das correlações existentes entre variáveis dependentes.

Gráfico 11 - Correlação consumo de cimento (C) versus agregado/cimento (m)

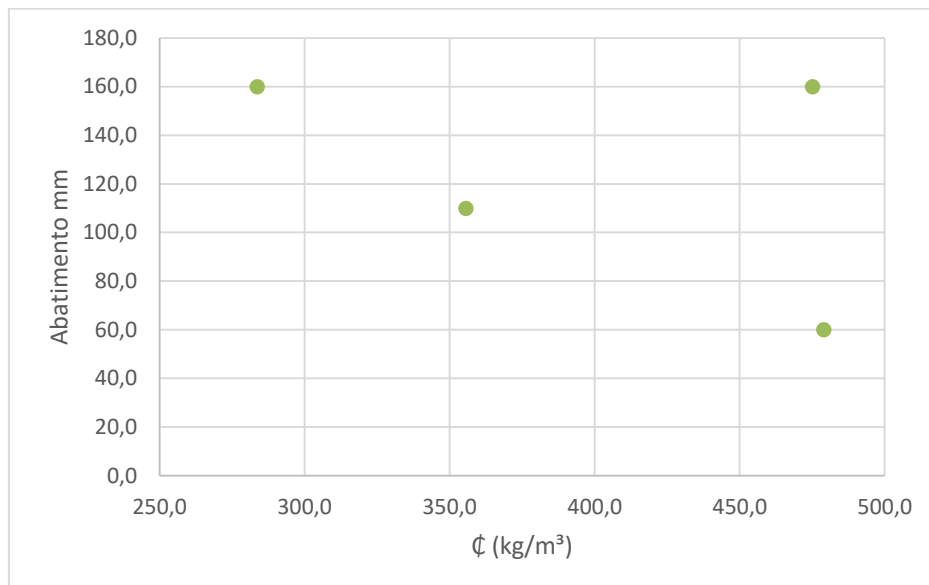
Fonte: O autor (2017)

A partir do coeficiente de determinação R^2 é possível verificar que existe uma boa correlação entre o consumo em kg/m³ e o m, visto que independentemente do método, quanto maior o m, menor o consumo de cimento.

A seguir a correlação entre consumo e abatimento:

Gráfico 12 - Correlação abatimento do tronco do cone versus consumo de cimento (C)

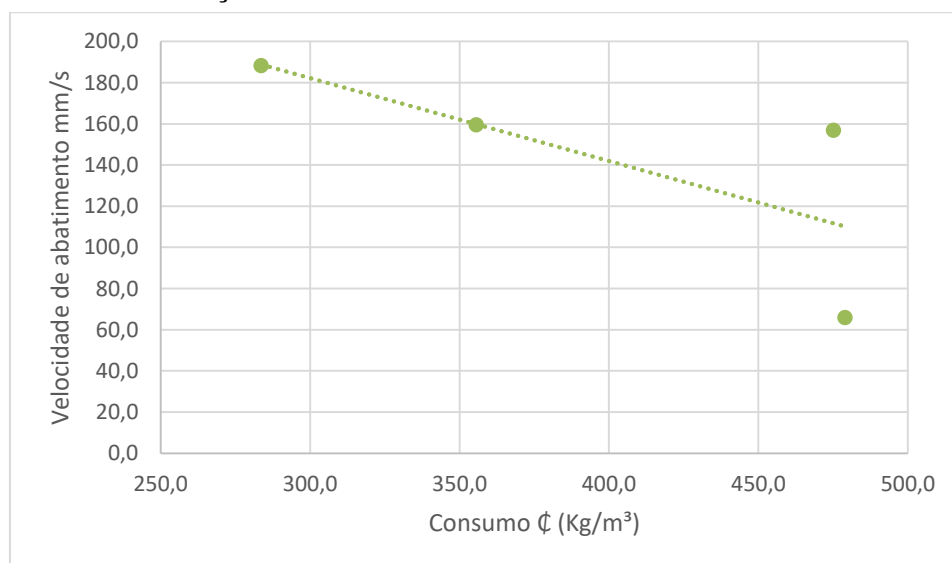
Fonte: O autor (2017)

Gráfico 13 - Correlação abatimento do tronco do cone versus consumo de cimento (C)

Fonte: O autor (2017)

Na análise do gráfico é possível afirmar que mantendo-se o mesmo teor de argamassa seca, nesse caso $\alpha = (56)$ quanto maior o consumo de cimento, menor é o abatimento do tronco de cone. Essa relação é fácil ser verificada, dado que mesmo o concreto do método INT apresentando um valor próximo $\alpha = (50)$, não apresenta nenhuma correlação, sendo este o ponto que está fora da curva.

Logo após, podemos observar graficamente a relação entre o Consumo e a velocidade de abatimento:

Gráfico 14 - Correlação velocidade de abatimento versus consumo de cimento (C)

Fonte: O autor (2017)

Considerando-se mesmo a e mesmo H (%), constou-se que quanto maior o consumo, menor a velocidade de abatimento, provavelmente pelo aumento de coesão nas misturas. Assim é possível afirmar que o ponto fora do traçado tem a e H (%) diferentes.

6. CONCLUSÃO

No que concerne os três métodos avaliados, foi possível identificar que todos eles demandaram uma quantidade significativa de consumo de cimento, considerando os materiais que são comercializados no estado de Sergipe, no que compete as resistências exigidas pelo mercado.

Todavia, entende-se que o método do IPT obteve maior adequação nas dosagens feitas com os materiais comercializados no estado, visto que o método de dosagem do mesmo considera as características dos materiais de forma prática, além da maior facilidade de ajuste caso houvesse a necessidade de aditivos e adições.

Em relação às variáveis mensuradas, os concretos apresentaram, no geral, boa trabalhabilidade, resistências dentro do especificado, e parâmetros de mistura diferentes entre si, muito em função dos consumos finais de cimento.

Dessa maneira, comprova-se que, quando os materiais disponíveis apresentam características que correspondam similaridade ao que considera o método, é possível, mesmo que não sendo a solução ótima, que todos os métodos em análise apresentem soluções iniciais as quais no perpassar do tempo sofram ajustes, mas que apresentem as características de trabalhabilidade requeridas em obra. No entanto, como nem sempre os materiais disponíveis se enquadram nas faixas que os métodos compreendem, certo que cada região apresenta características morfológicas diferentes, da análise dos métodos em estudo é possível afirmar que o método EPUSP/IPT pode ser empregado com maior eficácia para determinar de forma experimental esses requisitos.

BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9776: Agregados - Determinação da massa específica Chapman**. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 53: Agregado graúdo - Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água**. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 45: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios**. Rio de Janeiro: ABNT, 2006

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de provas**. Rio de Janeiro: ABNT, 2008

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão**. Rio de Janeiro: ABNT, 1996

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211: Agregados para concreto - Especificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

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

BOGGIO, A.J. **Estudo comparativo de métodos de dosagem de concreto de cimento Portland**. 2000. 182p. Tese (Mestrado). Escola de Engenharia, Universidade de Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BUCHER, H.R.E.; **Correlações entre as Resistências Mecânicas do Concreto**. In: SEMINÁRIO SOBRE CONTROLE DA RESISTÊNCIA DO CONCRETO, 1989, São Paulo. São Paulo: IBRACON, 1989.

HELENE, P.R.L.; TERZIAN, P.R. **Manual de dosagem e controle do concreto**. Brasília. PINI, 1992

LOBO CARNEIRO, F. L. **Dosagem de concretos plásticos**. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Tecnologia, 1937

LOBO CARNEIRO, F. L. **Dosagem de concretos**. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Tecnologia, 1953

Norma ACI 211.1-81 (Standart Practice for Selecting Proportion for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete - 1985).

PETRUCCI, E. **Concreto de cimento Portland**. 13. Ed. Ver. São Paulo: Globo, 1995.

PETRUCCI, E. **Dosagem de concretos de cimentos: Prática corrente no Rio Grande do Sul, Brasil**. Chile, 1965.

RODRIGUES, P.P.F. **Parâmetros de dosagem do concreto**. ET-67. São Paulo: ABCP, 1990.

SOBRAL, H. S. **Durabilidade do concreto ET – 43**. São Paulo. ABCP, 1990

TANGO, Carlos E. de S.. **Fundamentos de dosagem de concreto para blocos estruturais**. (International Seminar On Structural Mansory For Developing Countries) - IPT, São Paulo, 1994. p. 22 – 32.

TUTIKIAN, B.F.; HELENE, P.R.L. **Dosagem dos Concretos de Cimento Portland**. In: 53º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, Florianópolis. Santa Catarina: IBRACON, 2011.